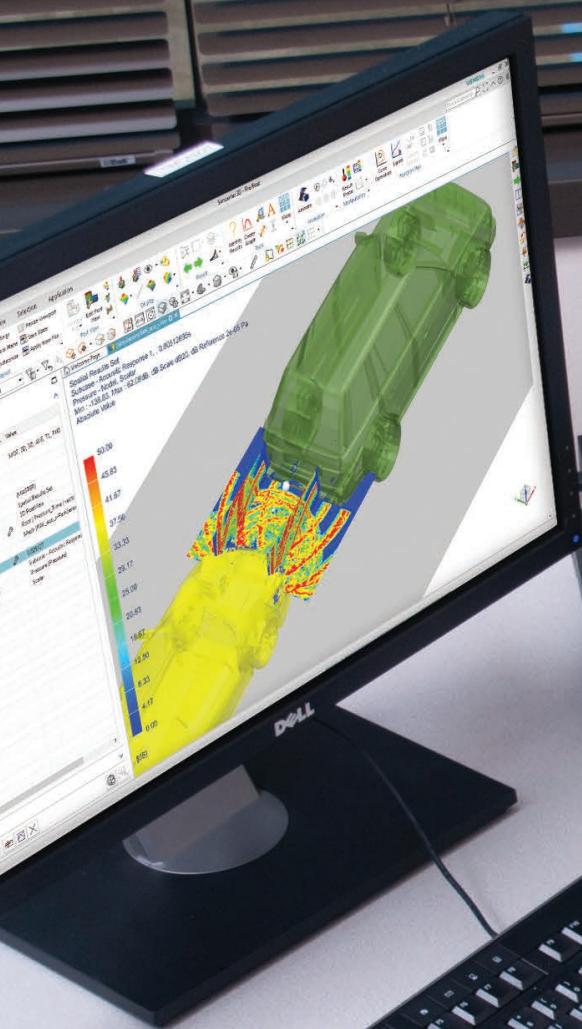


SIEMENS
Ingenuity for life



Siemens Digital Industries Software

Simcenter 3D

Руководство по применению решений

siemens.com/simcenter3d

Simcenter 3D

Введение

Siemens Digital Industries Software

Решение сложных инженерных задач путем повышения эффективности численного моделирования

Системы инженерного анализа (CAE-системы) уже доказали свою эффективность в качестве инструмента для анализа и устранения неполадок. Тем не менее, они медленно выдают результаты и тем самым усложняют процесс разработки. Существенные временные затраты на моделирование с помощью традиционных CAE-систем объясняются трудоемкой корректировкой геометрии, а также не связанными друг с другом инструментами численного моделирования. Все это снижает эффективность рабочих процессов.

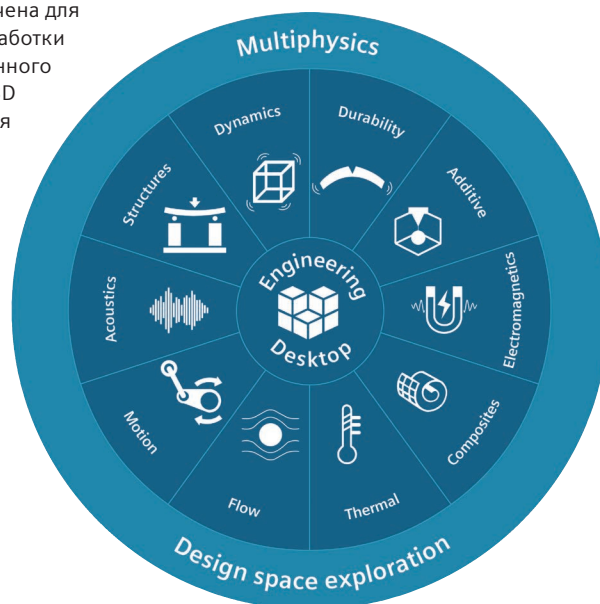
Для решения сложных задач разработчикам нужна единая открытая платформа для всех видов численного

моделирования с современными и простыми в использовании средствами проведения расчетов. Данные средства создают единую среду для производственных рабочих процессов и обеспечивают качественные результаты.

Знакомство с Simcenter 3D

Среда Simcenter™ 3D от Siemens Digital Industries Software предназначена для решения сложных задач разработки и повышения качества численного моделирования. В Simcenter 3D расширяет спектр применения CAE, а также содержит новые, более реалистичные методики расчетов, которые позволяют лучше оценить характеристики будущих изделий. Simcenter 3D сохраняет знания специалистов и оптимальные рабочие

процессы. При этом создается среда для совместной работы конструкторов и расчетчиков, исследующих все характеристики будущего изделия.



Ускорение CAE-расчетов

Simcenter 3D – это интегрированная среда, в которой решаются все задачи пре- и постпроцессинга. По словам многих заказчиков, Simcenter 3D — это уникальные средства редактирования геометрии, способные работать с файлами из любой CAD-системы. В системе имеются инструменты для построения сложных конечноэлементных сеток. При этом расчетная модель ассоциативно связывается с конструкторской. Такая связь ускоряет процессы моделирования благодаря синхронизации расчетных моделей с актуальными конструкторскими моделями. Таким образом, CAE-процессы значительно ускоряются по сравнению с использованием традиционных CAE-систем.

Междисциплинарная интеграция

В Simcenter 3D используются стандартные междисциплинарные решатели, работающие в централизованной среде проектирования. Решатели в Simcenter 3D выполняют прочностные и акустические расчеты, расчеты динамических характеристик, долговечности, кинематики, тепловые и гидрогазодинамические расчеты, расчеты электромагнитных явлений и многие другие виды анализа. В результате удается точно прогнозировать самые различные характеристики реального изделия. Тесная интеграция всех решений упрощает процессы мультифизического моделирования, которые без подобной интеграции практически невозможно выполнить.

Открытая и масштабируемая среда

Помимо поддержки междисциплинарных решателей от Siemens, модуль Simcenter 3D способен выполнять функции пре- и постпроцессора для широко распространенных решателей от других разработчиков — ANSYS, Abaqus, MSC Nastran и LS-Dyna. При этом пользователи получают все преимущества полной ассоциативности с CAD-моделями, используя имеющиеся в Simcenter 3D инструменты редактирования геометрии и построения сложных конечноэлементных сеток. В результате сразу же удастся сократить сроки численного моделирования. Кроме того, единая масштабируемая платформа имеет возможность автоматизации стандартных процессов расчета.

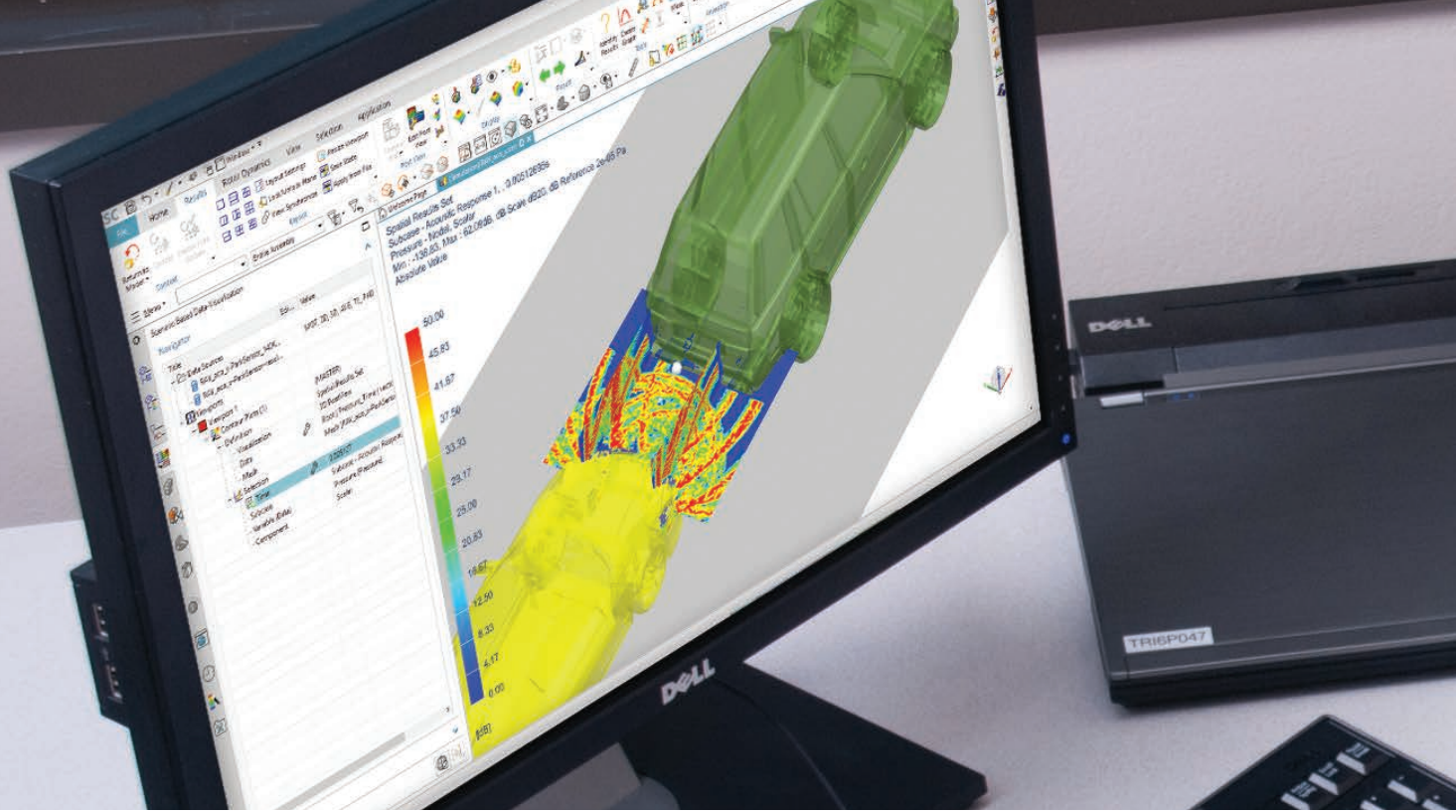
Связь с цифровой нитью

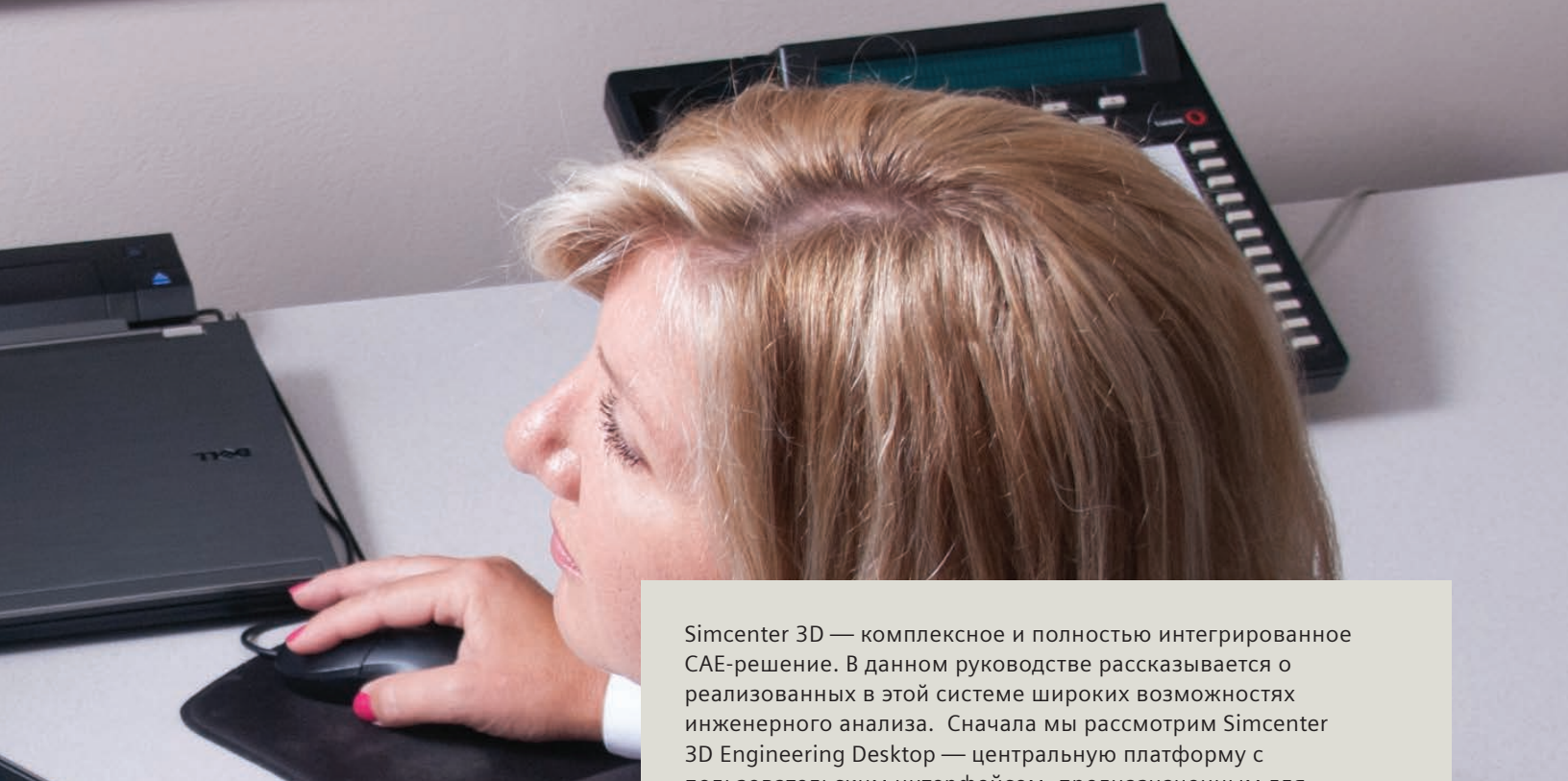
Simcenter 3D входит в линейку инструментов для численного моделирования Simcenter. Это часть цифровой нити, распространяющейся на этапы 3D-численного моделирования, 1D-численного моделирования и испытаний изделий. Однако численное моделирование — лишь часть всей цифровой нити, объединяющей все этапы подготовки производства. В Simcenter 3D процессы численного моделирования полностью интегрированы в единую среду управления данными. Благодаря этому процессы численного моделирования синхронизируются с другими этапами подготовки производства, включая подготовку требований к будущему изделию, автоматизированное проектирование, разработку электропроводки и технологическую подготовку производства.

Гибкая политика лицензирования

Simcenter 3D предлагает расчетчикам схему лицензирования на основе токенов. Приобретение отдельных лицензий для каждого дополнительного модуля можно заменить на набор токенов, обеспечивающих мгновенный доступ к большинству изделий Simcenter 3D. Новый вид лицензирования обеспечивает сотрудникам доступ к широкому спектру изделий Simcenter 3D.







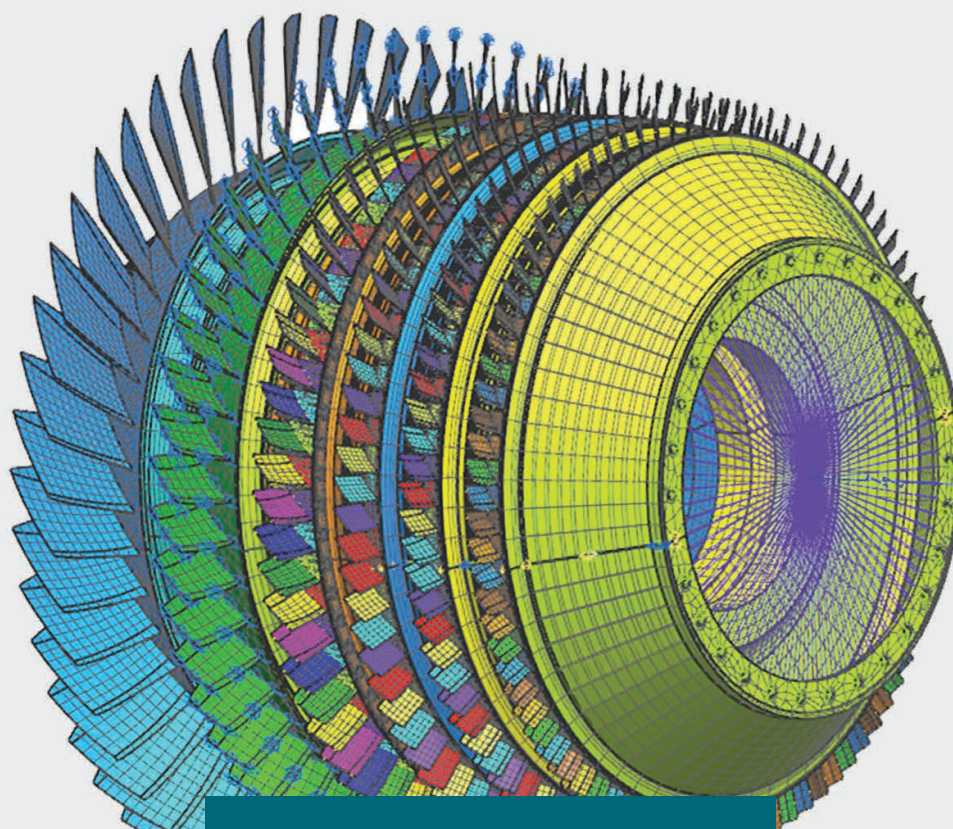
Simcenter 3D — комплексное и полностью интегрированное CAE-решение. В данном руководстве рассказывается о реализованных в этой системе широких возможностях инженерного анализа. Сначала мы рассмотрим Simcenter 3D Engineering Desktop — центральную платформу с пользовательским интерфейсом, предназначенным для моделирования, выполнения расчетов и оценки полученных результатов. В последующих разделах рассматриваются конкретные виды физических расчетов, поддерживаемые в Simcenter 3D.

Добро пожаловать в мир Simcenter 3D!

Содержание

Модуль Engineering Desktop	6 – 19
Прочностные расчеты	20 – 29
Динамические расчеты	30 – 47
Расчеты долговечности	48 – 59
Акустические расчеты	60 – 75
Кинематические расчеты	76 – 101
Мультифизические расчеты	102 – 113
Тепловые расчеты	114 – 125
Гидрогазодинамические расчеты	126 – 135
Расчеты электромагнитных явлений	136 – 147
Оптимизация конструкций	148 – 157
Поддержка аддитивного производства	158 – 165
Проектирование авиационных конструкций	166 – 173
Расчеты изделий из композиционных материалов	174 – 183
Управление данными численного моделирования	184 – 190
Приложение	191

SIEMENS
Ingenuity for life



Siemens Digital Industries Software

Simcenter 3D Engineering Desktop

Интегрированные средства геометрического
и конечноэлементного моделирования для
оптимизации процесса разработки

siemens.com/simcenter3d



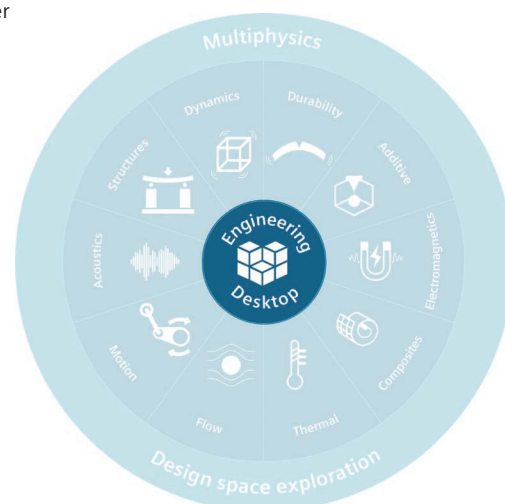
Преимущества решения

- Платформа для мультидисциплинарного численного моделирования
- Быстрое и интуитивно понятное редактирование геометрии
- Широкие возможности построения сетки
- Эффективное создание и редактирование сборок для последующих расчетов методом конечных элементов
- Быстрый пре- и постпроцессинг моделей для проведения расчетов в самых распространенных конечноэлементных решателях
- Сохранение накопленного опыта и знаний и автоматизация процессов

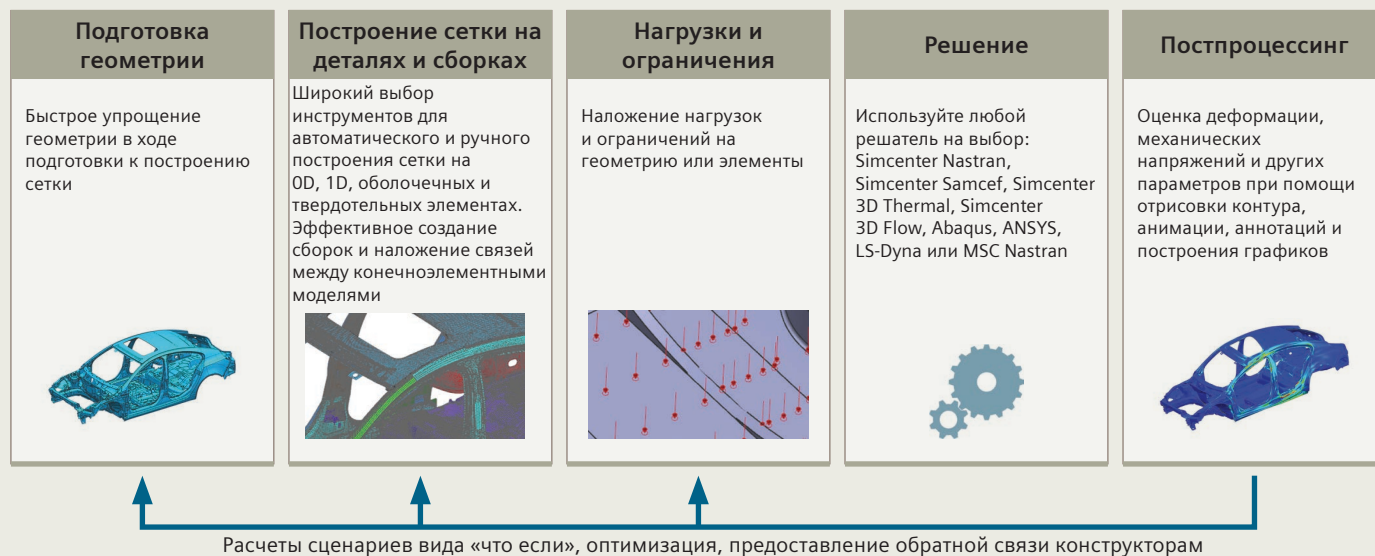
Simcenter™ 3D Engineering Desktop — это единая, открытая и расширяемая CAE-среда для опытных инженеров-расчетчиков. Simcenter 3D Engineering Desktop — это центр платформы Simcenter 3D, ускоряющий численное моделирование и помогающий создавать 3D-модели быстрее и эффективнее, чем в традиционных CAE-препроцессорах.

Платформа для мультидисциплинарного численного моделирования

Simcenter 3D Engineering Desktop — это основа более широкой среды мультидисциплинарного численного моделирования. Simcenter 3D Engineering Desktop — централизованная среда пре- и постпроцессинга, предназначенная для всей линейки решений Simcenter 3D, выполняющих прочностные расчеты, анализ динамики, расчеты композитных материалов, анализ долговечности, акустики, тепловые расчеты, анализ кинематики, электромагнитных явлений и оптимизацию конструкции. Эта



Simcenter 3D Engineering Desktop



интегрированная среда помогает ускорить CAE-расчеты и оптимизировать междисциплинарные расчеты в решениях Simcenter 3D, такие как тепло-механические, виброакустические или другие более сложные расчеты.

Быстрое и интуитивно понятное редактирование геометрии

Simcenter 3D Engineering Desktop основан на ведущем в отрасли геометрическом ядре. С Simcenter 3D Engineering Desktop пользователю доступны такие функции, как быстрая очистка и подготовка геометрии, импортированной из любой CAD-системы, в которой используется прямое моделирование. Все изменения геометрии и полные расчетные модели ассоциативно связаны с исходной моделью. Это означает, что расчетная модель автоматически обновляется с изменением конструкции. В результате Simcenter 3D Engineering Desktop ускоряет цикл «проектирование-расчеты» и увеличивает производительность.

Широкие возможности построения сеток

В Simcenter 3D Engineering Desktop есть средства автоматического и ручного построения сеток для 0D, 1D, 2D и 3D-элементов, а также инструменты для назначения нагрузок и граничных условий. Встроенная среда разработки Simcenter 3D Engineering Desktop — единственная в своем роде, так как расчетная модель ассоциативно связана с геометрией. Это значит, что все расчеты, сетка, нагрузки и граничные условия автоматически обновляются при изменении конструкции. Это сокращает сроки моделирования на последующих этапах, что ускоряет итерации между проектированием и расчетами.

Эффективное создание и редактирование сборок для последующих расчетов методом конечных элементов

В отличие от традиционных CAE-препроцессоров, которые разработаны для анализа компонентов и обычно требуют создания единой расчетной модели, Simcenter 3D Engineering Desktop создает конечноэлементные модели сборок из моделей отдельных деталей так же, как это делается в CAD-системах. Если в конструкцию уже рассчитанной детали вносятся изменения, Simcenter 3D Engineering Desktop обновляет все экземпляры этой детали в сборке. Поэтому создавать сборку для расчетов заново не требуется.

Поддержка расчетов в самых распространенных КЭ-решателях

Воспользуйтесь преимуществом функций пре- и постпроцессинга Simcenter 3D с поддержкой самых распространенных КЭ-решателей. Simcenter 3D Engineering Desktop выполняет функции основного пре- и постпроцессора для Simcenter Nastran и Simcenter Samcef, а также для таких решателей, как Abaqus, ANSYS, LS-DYNA и MSC Nastran. Поэтому в гибком пользовательском интерфейсе применяется терминология, относящаяся к конкретному решателю. Для подготовки модели к расчету осваивать новые термины не придется.

Сохранение опыта и знаний и автоматизация процессов

В Simcenter 3D Engineering Desktop есть функция создания мастер-процессов и шаблонов, что позволяет сохранять и использовать опыт ведущих инженеров-расчетчиков. NX™ Open — открытая платформа для автоматизации и программирования. С ее помощью создаются автоматизированные процессы для инженерных расчетов. Расчетчики фиксируют этапы процесса инженерного анализа и разрабатывают сценарии с простыми диалоговыми окнами, чтобы другие специалисты могли выполнять такие же процессы. Решение Simcenter 3D Engineering Desktop построено на той же платформе, что и NX CAD, поэтому работающие в NX конструкторы выполняют расчеты в привычном интерфейсе.

Интеграция со средствами управления данными численного моделирования

Simcenter 3D Engineering Desktop поддерживает полную интеграцию с системой управления данными Teamcenter®, включая модуль управления процессом численного моделирования. Функции управления результатами численного моделирования не требуют дополнительных настроек, что значительно облегчает внедрение полноценной среды управления CAE-данными и процессами в рамках комплексной платформы для разработки изделий. Это сокращает напрасные траты времени и обеспечивает повторное использование существующих наработок и технических данных. Кроме того, платформа выполняет синхронизацию данных, а также поддерживает расширенный поиск информации, визуализацию и подготовку отчетов.

Варианты применения

Сегодня инженерные расчеты применяются практически во всех отраслях. Однако CAE-процессы остаются неэффективными: до 80% рабочего времени инженеров уходит на подготовку расчетных моделей. Simcenter 3D Engineering Desktop существенно сокращает подобные трудозатраты.

Аэрокосмическая и оборонная промышленность

Разработчикам планеров и двигателей нужно решать совершенно разные задачи с помощью численного моделирования. Simcenter 3D эффективно работает с крупными сборками, что необходимо при расчете планера, а также прекрасно подходит для создания осесимметричных моделей авиационных двигателей.

Автомобилестроение и транспорт

Моделирование кузова — трудоемкий процесс. Такие конечноэлементные модели состоят из сотен деталей и узлов. Средства автоматизации в Simcenter 3D Engineering Desktop ускоряют моделирование автомобильных кузовов.

Потребительские товары

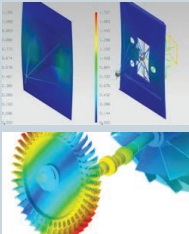
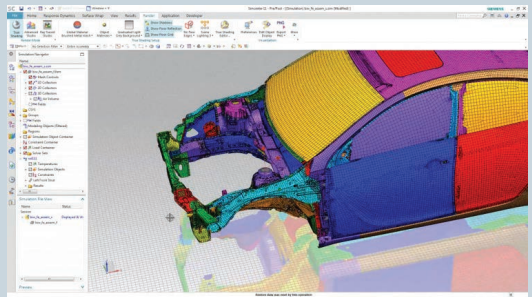
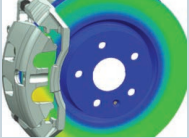
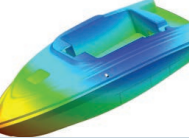
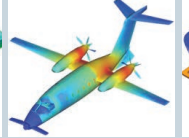
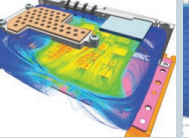
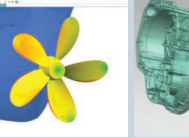
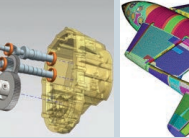
Рынок потребительских товаров быстро меняется, что вынуждает разработчиков работать быстрее. Simcenter 3D помогает выдерживать высокие темпы, обеспечивая быстрое внесение конструкторских изменений и выполнение расчетов новых вариантов конструкции.

Промышленное оборудование

В Simcenter 3D Engineering Desktop быстро создаются модели для прочностных расчетов как вращающегося оборудования, так и крупных и сложных машин.

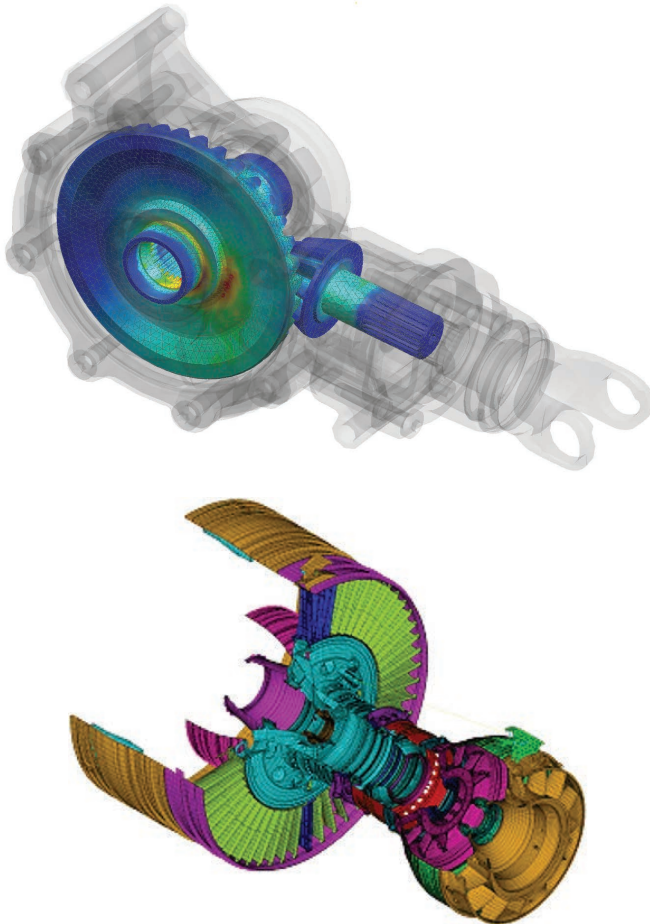
Судостроение

Модели судов могут быть очень большими. В Simcenter 3D Engineering Desktop имеются инструменты для управления конечноэлементными сборками, помогающие создавать простые в использовании модели.

Сопоставление результатов расчетов и испытаний 	Прочностные расчеты NVH (шум, вибрация и жесткость) и акустика Тепловые расчеты Гидрогазодинамические расчеты Расчеты композитных материалов Аддитивное производство		Кинематика Расчет динамики вращения Расчеты электромагнитных явлений Расчеты долговечности Оптимизация	 Комбинированные расчеты 1D – 3D Мультифизические расчеты		
						
Линейный анализ методом конечных элементов	Нелинейный анализ методом конечных элементов	Анализ методом граничных элементов	Расчеты множества тел	Расчеты усталостной прочности	Анализ охлаждения электронных приборов	Вычислительная гидрогазодинамика
Расчетные модели в разных масштабах						

Simcenter 3D Engineering Desktop

Simcenter 3D Engineering Desktop — это единая, масштабируемая, открытая и расширяемая 3D CAE-среда для проведения самых сложных видов расчетов. Она ускоряет проведение численного моделирования, повышая эффективность построения расчетных моделей на основе 3D-геометрии — это делается быстрее, чем в традиционных CAE-препроцессорах.



Преимущества модуля

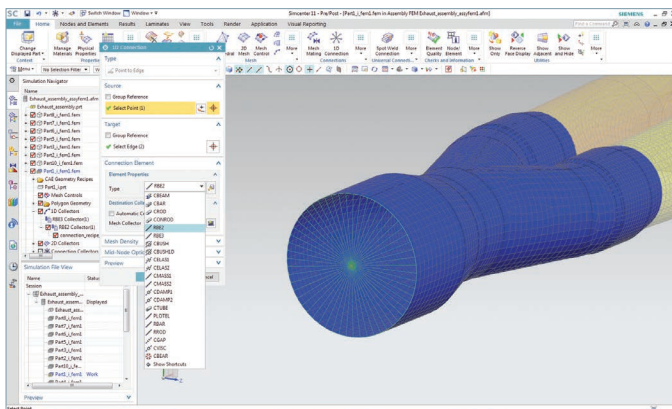
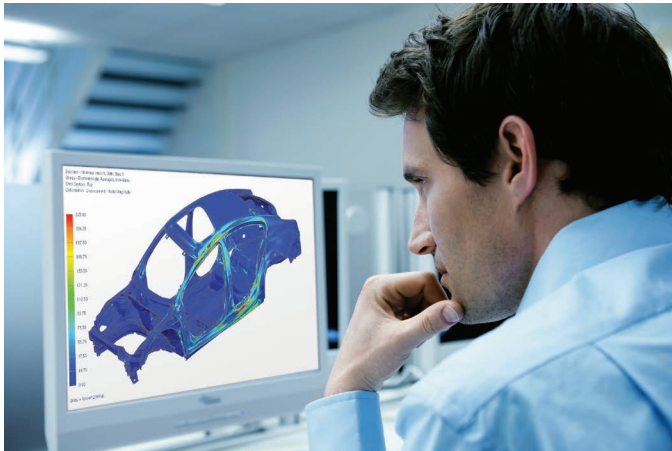
- Ускорение процессов численного моделирования на 70%
- Повышение качества изделий благодаря быстрой оценке компромиссных вариантов проектных решений
- Снижение общей себестоимости разработки изделий благодаря сокращению дорогостоящих изменений конструкции на поздних этапах
- Эффективная работа с большими и сложными КЭ-сборками
- Сохранение и автоматизация типовых и наилучших рабочих процессов
- Пре- и постпроцессинг расчетных моделей с поддержкой наиболее популярных конечноэлементных решателей
- Расширение возможностей междисциплинарных расчетов по мере роста потребностей

Основные характеристики

- Ведущее в отрасли решение для быстрого построения и упрощения геометрии
- Мощные инструменты построения сеток
- Эффективное управление конечноэлементными сборками
- Расширенные функции построения графиков и подготовки отчетов в ходе постпроцессинга
- Открытая и расширяемая платформа
- Отличная интеграция со средствами управления данными численного моделирования

Среда Simcenter 3D для Simcenter Nastran

Среда Simcenter 3D для Simcenter Nastran поставляется вместе с Simcenter 3D Engineering Desktop. Она предназначена для построения конечноэлементных моделей, задания параметров решения и просмотра результатов расчета в решателе Simcenter Nastran. В этой среде используются знакомые по решателю Simcenter Nastran описания элементов, нагрузок, граничных условий, параметров решения и других элементов. Помимо описания свойств расчетной модели, среда Simcenter Nastran выполняет двусторонний импорт файлов актуальных и устаревших данных и результатов, а также экспорт подготовленных к расчету файлов.



Преимущества модуля

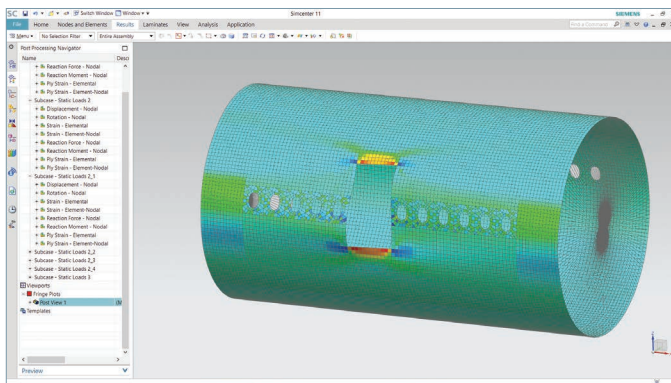
- Упрощение моделирования в Simcenter Nastran благодаря подготовке расчетных моделей на основании геометрии или ранее созданных в Simcenter Nastran файлов данных
- Сокращение или полное устранение ручных операций с файлами данных — готовые к расчету файлы создаются непосредственно в Simcenter 3D

Основные характеристики

- Работа в привычной среде Simcenter Nastran с использованием такой же терминологии, расширенная поддержка элементов и деталей конкретных видов изделий
- Среда Simcenter Nastran выполняет различные виды решений:
 - SOL 101 – Линейные статические расчеты
 - SOL 103 – Нормальные формы колебаний
 - SOL 105 – Устойчивость
 - SOL 106 – Нелинейные и линейные статические расчеты
 - SOL 107 – Комплексные собственные значения
 - SOL 108 – Частотная характеристика
 - SOL 109 – Переходная характеристика
 - SOL 110 – Модальные собственные значения
 - SOL 111 – Модальный частотный отклик
 - SOL 112 – Модальный отклик при переходных процессах
 - SOL 129 — Нелинейная и линейная переходная характеристика
 - SOL 153 – Статические прочностные расчеты и (или) расчеты теплопередачи в стационарном режиме. Поддерживается линейный и нелинейный анализ
 - SOL 159 – Прочностные расчеты и (или) расчеты теплопередачи в переходном процессе. Поддерживается линейный и нелинейный анализ
 - SOL 200 – Оптимизация конструкции. Возможно выполнение только анализа чувствительности
 - SOL 401 – Многошаговые прочностные расчеты с поддержкой сочетания статических (линейных или нелинейных) и модальных (собственные значения) вариантов
 - SOL 402 – Многошаговые прочностные расчеты с поддержкой сочетания различных видов расчетов (статические линейные, статические нелинейные, нелинейные динамические, с предварительной нагрузкой, модальные расчеты, преобразования Фурье, расчет устойчивости), а также с поддержкой кинематических расчетов крупных вращающихся объектов
 - SOL 601/106 – Расширенные нелинейные и линейные статические расчеты
 - SOL 601/129 — Расширенные нелинейные и линейные расчета в переходном режиме
 - SOL 701 – Явный нелинейный

Среда Simcenter 3D для Simcenter Samcef

Среда Simcenter 3D для Simcenter Samcef предназначена для создания конечноэлементных моделей, задания параметров решения и визуализации результатов расчетов в решателе Simcenter Samcef. Эта среда предоставляет доступ к имеющимся в Simcenter 3D средствам редактирования геометрии, построения конечноэлементных сеток и общим функциям препроцессинга при создании моделей, рассчитываемых в Simcenter Samcef. Все эти операции выполняются быстрее, чем в традиционных CAE-системах.



Преимущества модуля

- Упрощение моделирования благодаря подготовке расчетных моделей на основании геометрии или ранее созданных в Simcenter Samcef файлов входных данных
- Сокращение или полное устранение ручных операций с файлами данных — готовые к расчету файлы создаются непосредственно в Simcenter 3D

Основные характеристики

- Работа в привычной среде Simcenter Samcef с использованием знакомой терминологии, расширенная поддержка элементов и деталей конкретных видов изделий
- Поддерживается несколько типов анализа:
 - Линейный статический расчет с несколькими вариантами нагружения
 - Модальный анализ
 - Анализ устойчивости с различными видами нагружений
 - Нелинейный статический анализ с несколькими вариантами
 - Тепловые расчеты
 - Последовательное выполнение нескольких видов расчета

Среда Simcenter 3D для Abaqus

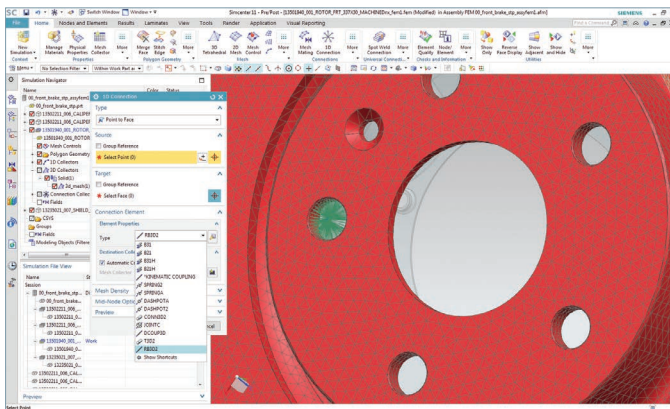
Среда Simcenter 3D для Abaqus предназначена для построения конечноэлементных моделей, задания параметров решения и просмотра результатов расчета в решателе Abaqus. В этой среде используются знакомые по решателю Abaqus описания элементов, нагрузок, граничных условий, параметров решения и других элементов. Помимо описания свойств расчетной модели, среда Abaqus выполняет двунаправленный импорт файлов актуальных и устаревших данных и результатов, а также экспорт подготовленных к расчету файлов.

Преимущества модуля

- Упрощение моделирования в Abaqus благодаря подготовке расчетных моделей на основании геометрии или ранее созданных файлов данных
- Сокращение или полное устранение ручных операций с файлами данных — готовые к расчету файлы создаются непосредственно в Simcenter 3D

Основные характеристики

- Прочностные расчеты: статический, расчет устойчивости, модальный
- Теплопередача в стационарном режиме
- Анализ вязкости
- Динамические модальные расчеты в неустановившемся режиме
- Анализ спектра отклика
- Комплексный анализ собственных значений
- Расчет неявных динамических напряжений и перемещений
- Явный динамический анализ, в том числе явный динамический осесимметричный
- Прямой циклический анализ



Среда Simcenter 3D для ANSYS

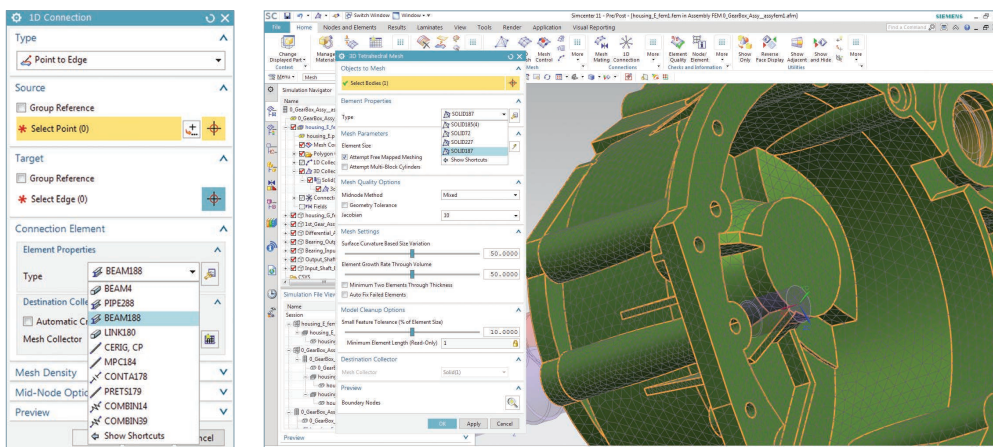
Среда Simcenter 3D для ANSYS предназначена для построения конечноэлементных моделей, задания параметров решения и просмотра результатов расчета в решателе ANSYS. В этой среде используются знакомые по решателю ANSYS описания элементов, нагрузок, граничных условий, параметров решения и других элементов. Помимо описания свойств расчетной модели, среда ANSYS выполняет двусторонний импорт файлов актуальных или устаревших данных и результатов, а также экспорт подготовленных к расчету файлов.

Преимущества модуля

- Упрощение моделирования в ANSYS благодаря подготовке расчетных моделей на основании геометрии или ранее созданных файлов данных
- Сокращение или полное устранение ручных операций с файлами данных — готовые к расчету файлы создаются непосредственно в Simcenter 3D

Основные характеристики

- Работа в привычной среде ANSYS с использованием такой же терминологии, расширенная поддержка элементов и деталей конкретных видов изделий
- Поддерживаемые виды расчетов:
 - прочностные линейные статические, модальные, расчеты устойчивости и нелинейные статические
 - Анализ циклической симметрии при проведении линейных статических, модальных, нелинейных статических расчетов или гармонический анализ — метод суперпозиции форм
 - Линейные и нелинейные статические прочностные расчеты осесимметричных конструкций
 - Модальные податливые тела (для использования в расчетах в Simcenter 3D Motion)
 - Нелинейные расчеты устойчивости
 - Динамические расчеты в переходном режиме
 - Гармонический анализ
 - Тепловые и осесимметричные тепловые расчеты
 - Тепловые расчеты в переходном режиме
 - Тепловые и прочностные мультифизические расчеты



Среда Simcenter 3D для LS-Dyna

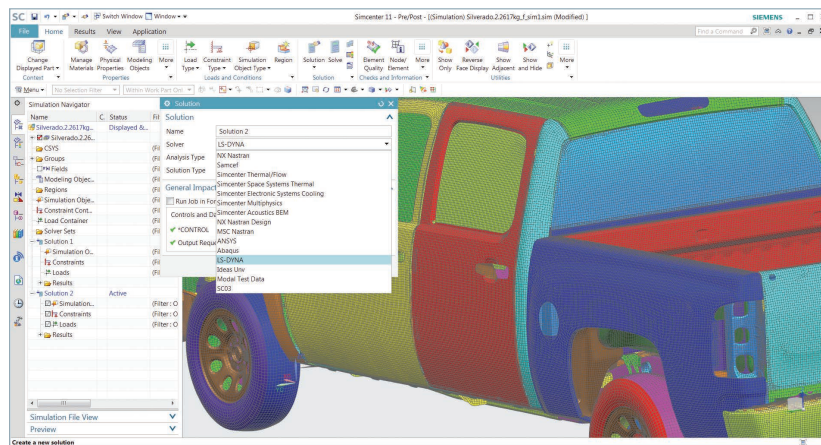
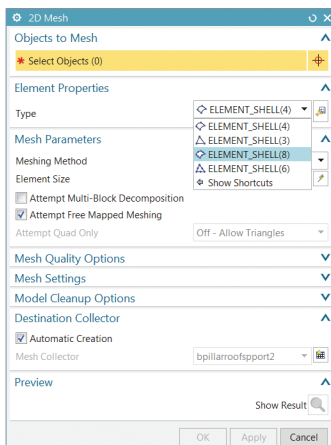
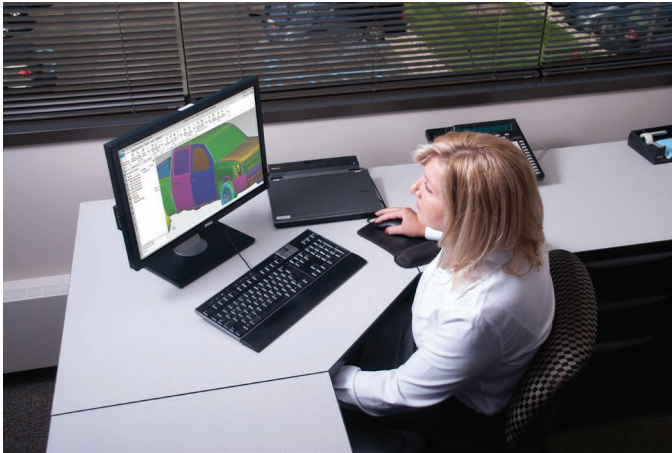
Среда Simcenter 3D для LS-Dyna предназначена для построения конечных элементов и задания параметров решения в решателе LS-Dyna. В этой среде используются знакомые по решателю LS-Dyna описания элементов, нагрузок, граничных условий, параметров решения и других элементов. Помимо описания свойств расчетной модели, среда LS-Dyna выполняет двусторонний импорт файлов актуальных и устаревших данных и результатов, а также экспорт подготовленных к расчету файлов.

Преимущества модуля

- Упрощение моделирования в LS-Dyna благодаря подготовке расчетных моделей на основании геометрии или ранее созданных файлов данных

Основные характеристики

- Работа в привычной среде LS-Dyna с использованием знакомой терминологии, поддержка элементов и деталей видов изделий
- Поддержка расчетов ударной прочности



Среда Simcenter 3D для MSC Nastran

Среда Simcenter 3D для MSC Nastran предназначена для построения конечноэлементных моделей, задания параметров решения и просмотра результатов расчета в решателе MSC Nastran. В этой среде используются знакомые по решателю MSC Nastran описания элементов, нагрузок, граничных условий, параметров решения и других элементов. Помимо описания модели, среда Simcenter 3D для MSC Nastran выполняет двусторонний импорт файлов актуальных и устаревших данных и результатов, а также экспорт подготовленных к расчету файлов.

Преимущества модуля

- Упрощение моделирования в MSC Nastran благодаря подготовке расчетных моделей на основании геометрии или ранее созданных в MSC Nastran файлов данных
- Сокращение или полное устранение ручных операций с файлами данных — готовые к расчету файлы создаются непосредственно в Simcenter 3D

Основные характеристики

- Работа в привычной среде MSC Nastran с использованием знакомой терминологии, расширенная поддержка элементов и деталей конкретных видов изделий
- Поддерживаются различные типы расчетов:
 - SOL 101 – Линейные статические расчеты
 - SOL 103 – Нормальные формы колебаний
 - SOL 105 – Устойчивость
 - SOL 106 – Нелинейные и линейные статические расчеты
 - SOL 107 – Комплексные собственные значения
 - SOL 108 – Частотная характеристика
 - SOL 109 – Переходная характеристика
 - SOL 110 – Модальные собственные значения
 - SOL 111 – Модальный частотный отклик
 - SOL 112 – Модальный отклик при переходных процессах
 - SOL 129 — Нелинейный и линейный отклик при переходных процессах
 - SOL 153 – Статические прочностные расчеты и (или) расчеты теплопередачи в стационарном режиме. Поддерживается линейный и нелинейный анализ
 - SOL 159 – Прочностные расчеты и (или) расчеты теплопередачи в переходном процессе. Поддерживается линейный и нелинейный анализ
 - SOL 200 – Оптимизация конструкции. Возможно выполнение только анализа чувствительности

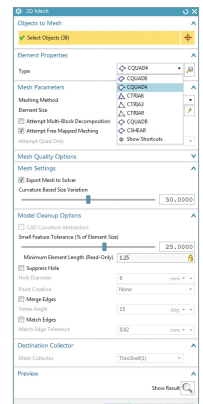
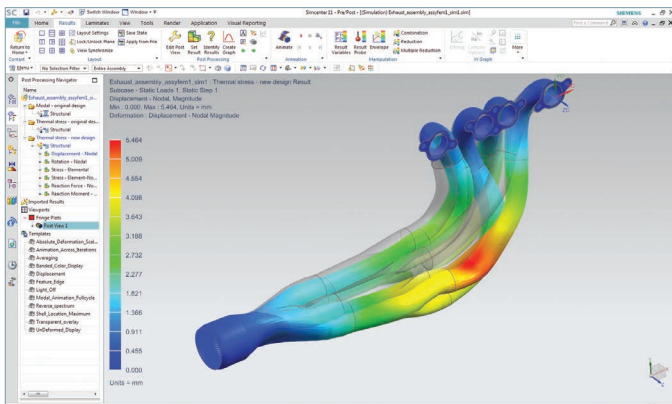
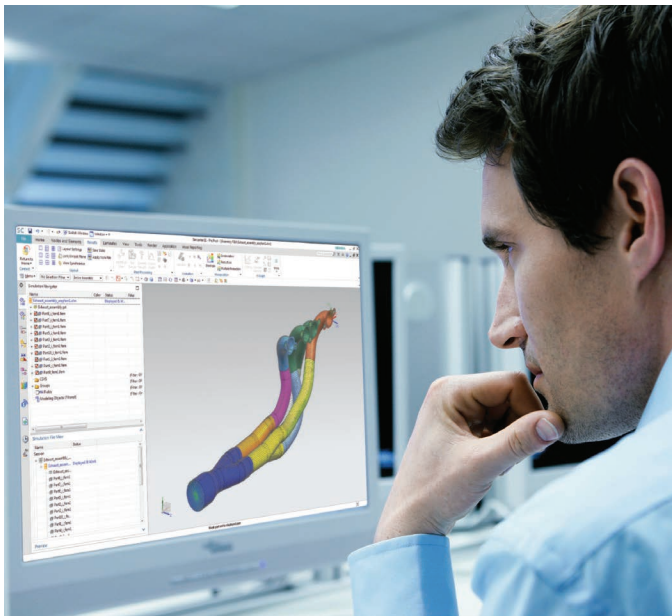


Таблица функциональных возможностей

Simcenter 3D Engineering Desktop

Общие функции	Дополнительные функции	Simcenter 3D Engineering Desktop
Препроцессинг		
Импорт геометрии	Передача геометрии в нейтральных форматах (IGES, STEP, JT™, Parasolid®)	•
	Прямая передача геометрии (CATIA V4, CATIA V5, Pro/E)	+
Геометрическое моделирование	Геометрическое ядро Parasolid®	•
	Параметрическое твердотельное и поверхностное моделирование	•
	Прямое моделирование при помощи синхронной технологии	•
	Поэлементное моделирование	•
	Создание структур сборок	•
	Связи между деталями	•
	Конфигурации	•
	Гибридное моделирование (редактирование фасетных тел)	+
Редактирование геометрии перед построением сетки	Прямое редактирование при помощи синхронной технологии	•
	Инструменты упрощения геометрии (исправление геометрии, отключение элементов, сшивка поверхностей, удаление отверстий и скруглений, разделение поверхностей)	•
	Построение тел с многосвязной топологией	•
	Построение средних поверхностей (постоянной и переменной толщины)	•
	Автоматическое упрощение топологии	•
	Инструменты ручного редактирования топологии	•
	Создание поверхности по грани сетки	•
	Импорт результатов гибридного моделирования с передачей в NX CAD	•

Обозначения:

- = выполняется самим модулем
- + = требуется установка дополнительного продукта

Общие функции	Дополнительные функции	Simcenter 3D Engineering Desktop
Моделирование и построение конечноэлементных сеток	Моделирование балки	•
	Автоматическое построение сеток на резьбовых соединениях	•
	Создание сеток на оболочках	•
	Построение 2D регулярных сеток	•
	Автоматическое создание тетраэдральных сеток	•
	Создание гексагональной сетки	•
	Покрытие поверхностей	•
	Построение сеток в местах перехода	•
	Построение осесимметричных сеток	•
	Пакетное построение сетки	•
	Проверка качества сетки	•
	Задание и редактирование свойств материалов	•
	Расчет массовых характеристик:	•
	Задание и редактирование физических свойств	•
	Переменная толщина элементов сетки	•
	Группирование	•
	Иерархическое управление сборками	•
	Эффективное моделирование соединений	•
	Поддержка суперэлементов	+
	Гибридное моделирование на основе результатов конечноэлементных расчетов и испытаний	+
Граничные условия	Наложение на геометрию	•
	Применений в локальной системе координат	•
	Наложение на КЭ-объекты	•
	Наложение на группы элементов	•
	Осесимметричные граничные условия	•
	Автоматическое обнаружение контакта	•
	Автоматическая передача нагрузок, рассчитанных в ходе кинематического анализа	•
	Импорт результатов испытаний и их сопоставление с конечноэлементной моделью	•

Общие функции	Дополнительные функции		Simcenter 3D Engineering Desktop
Поддержка обмена данными с другими решателями (импорт и экспорт)	Simcenter Nastran		•
	Simcenter Samcef		+
	Abaqus		+
	ANSYS		+
	LS-Dyna		+
	MSC Nastran		+
Ассоциативность конструкторских и расчетных моделей	Автоматическое обновление расчетной модели при внесении изменений в геометрию		•
Постпроцессинг			
Отображение контура			•
Отображение контура сечений балочных элементов			•
Отображение векторов			•
Отображение изолиний поверхности			•
Секущие плоскости			•
Расширенные функции управления освещением			•
Анимации			•
Представление результатов анализа комплексного динамического отклика			•
Несколько областей просмотра			•
Проверка результатов по отдельным узлам			•
Табличное представление данных постпроцессинга с сортировкой и фильтрацией			•
Листинг результатов			•
Отображение прозрачности			•
Локальные системы координат			•
Построение графиков			•
Построение столбчатых диаграмм			•
Отображение синхронизированных контуров и графиков			•
Графики с пояснениями			•
Вывод в форматах JT, postscript, tif и пр.			•
Расширенные инструменты постпроцессинга результатов расчетов акустики и NVH			+

Обозначения:

• = выполняется самим модулем

+ = требуется установка дополнительного продукта

Общие функции	Дополнительные функции	Simcenter 3D Engineering Desktop
Загрузка файлов результатов расчета из внешних решателей	Simcenter Nastran	•
	Simcenter Samcef	+
	Abaqus	+
	ANSYS	+
	LS-Dyna	+
	MSC Nastran	+



Среды Simcenter 3D для различных решателей

Общие функции	Дополнительные функции	Среда Simcenter 3D для Simcenter Nastran	Среда Simcenter 3D для Simcenter BEM Acoustics	Среда Simcenter 3D для Simcenter Samcef	Среда Simcenter 3D для Abaqus	Среда Simcenter 3D для ANSYS	Среда Simcenter 3D для LS-Dyna	Среда Simcenter 3D для MSC Nastran
Поддерживаемые типы расчетов:								
Прочностные расчеты	Линейные статические расчеты	•		•	•	•		•
	Анализ нормальных форм колебаний	•		•	•	•		•
	Устойчивость	•		•	•	•		•
	Нелинейный анализ	•		•	•	•		•
	Осесимметричный структурный	•		•	•	•	•	•
Динамические прочностные расчеты	Модальная частотная характеристика	•						•
	Частотная характеристика	•				•		•
	Модальная переходная характеристика	•			•			•
	Переходная характеристика	•				•		•
	Случайная реакция	•						
	Комплексные формы колебаний	•			•			
	Суперэлементы	•			•			•
	Податливые тела (для моделирования кинематики)	•			•	•		•
	Явный динамический анализ				•		•	
	Явный осесимметричный динамический				•		•	
	Спектр реакции				•			
Расширенные динамические расчеты	Комбинированные гидрогазодинамические и прочностные (виброакустические) расчеты	•						
	Амплитудно-частотные характеристики (АЧХ)	+						
	Нормальные формы рекурсивной области (RDMODES)	•						
	Быстрый частотный отклик (FASTFR)	•						
	Модальное представление	+						
Тепловые расчеты	Теплопередача в стационарном режиме	•		•	•	•		•
	Теплопередача в неустановившемся режиме	•		•	•	•		•
	Тепловые расчеты осесимметричных конструкций	•		•	•	•		
Акустический анализ	Акустические собственные значения (нормальные моды, собственные частоты)	•						
	Частотный отклик	•	•					
	Переходные характеристики		•					
	Виброакустические расчеты	•	•					
Мультифизические расчеты	Комбинированные тепломеханические расчеты	+			•	•		
	Взаимодействие жидкостей и газов с твердыми телами	+						
	Комбинированные тепловые, прочностные и гидрогазодинамические расчеты	+						

Обозначения:

- = выполняется самим модулем
- + = требуется установка дополнительного продукта

Примечание: Наличие лицензии на Simcenter 3D Engineering Desktop является минимальным предварительным требованием для работы всех продуктов линейки Simcenter 3D. Отдельные модули могут потребовать наличия и другого программного обеспечения.

SIEMENS
Ingenuity for life



Siemens Digital Industries Software

Прочностные расчеты в Simcenter 3D

Повышение точности и реалистичности расчетов

siemens.com/simcenter3d



Преимущества решения

- Сокращение рисков и расходов при разработке инновационных конструкций
- Виртуальное исследование характеристик изделия во всех возможных условиях эксплуатации, включая тепловые нагрузки
- Получение более точных результатов, чем при линейном анализе, когда стандартные линейные допущения оказываются неприменимыми
- Повышение уверенности в правильности окончательного проектного решения с использованием виртуальной оценки характеристик во всех возможных условиях эксплуатации

Simcenter™ 3D для прочностных расчетов — это набор конечноэлементных решателей, входящих в линейку средств численного моделирования Simcenter. Наши продукты применяются при разработке изделий и проведении прочностных расчетов в самых различных отраслях.

Конечноэлементный решатель для опытных специалистов-расчетчиков

В состав Simcenter 3D для прочностных расчетов входят два решателя:

- Simcenter Nastran®
- Simcenter Samcef®

Simcenter 3D для прочностных расчетов — это открытые, масштабируемые и расширяемые инструменты для стандартных и более сложных видов анализа. Эти программные продукты работают на ноутбуках, настольных компьютерах и серверах, позволяя рассчитывать и небольшие, и огромные модели самых современных изделий. На решатели Simcenter Nastran и Simcenter Samcef предлагается корпоративная лицензия. Их можно запускать независимо от средств пре- и постпроцессинга Simcenter на компьютерах с операционными системами Windows и Linux.

Прочностные расчеты в Simcenter 3D



Численное моделирование снижает риски, экономит деньги и время

Simcenter 3D решает самые сложные задачи разработки изделий и значительно повышает эффективность численного моделирования. Благодаря самым современным технологиям 3D-численного моделирования и мощным средствам подготовки моделей Simcenter 3D выводит точность и достоверность расчетов на новый уровень.

Ускорение создания инноваций и быстрое проведение циклов «проектирование-расчеты»

Синхронная технология в Simcenter 3D сокращает затраты времени на упрощение и редактирование геометрии. Конечные элементы сетки, нагрузки и граничные условия ассоциативно связаны с конструкторской моделью. Когда исходная геометрия меняется, результаты расчетов быстро обновляются. Решатели и инструменты инженерного анализа обеспечивают всю необходимую точность и эффективность расчетов.

Виртуальная оценка характеристик изделия во всех возможных условиях эксплуатации

В состав Simcenter 3D входят решатели для расширенного анализа различных физических явлений. Специалист по любому виду расчета найдет подходящую технологию для решения стоящих перед ним задач: статических и динамических, линейных и нелинейных, расчетов композиционных и других материалов, включая материалы с зависящими от температуры свойствами, а также расчеты тепловых нагрузок на конструкцию.

Совместные расчеты в Simcenter Nastran

Помимо прочностных расчетов, Simcenter Nastran выполняет комбинированное прочностное, тепловое и газогидродинамическое моделирование. Специализированная среда для мультифизических расчетов позволяет выполнять различные виды моделирования на единой модели. Это значительно упрощает комбинированные расчеты — теперь их может выполнять гораздо более широкий круг пользователей.

Варианты применения

Решатели Simcenter Nastran и Simcenter Samcef применяются в различных отраслях, помогая разработчикам и производителям решать важнейшие задачи инженерных расчетов и максимально быстро выпускать безопасные, надежные и оптимизированные конструкции.

Планеры — Авиационно-космическая промышленность — Авиационные двигатели

- Планеры — прочность, долговечность, модальные частоты
- Крылья — прочность, деформация обшивки, модальные частоты
- Люки в фюзеляже — уплотнения, прочность
- Пилоны двигателей, элероны, стабилизаторы — прочность, жесткость
- Космические аппараты — тепловые нагрузки и деформации, композиционные материалы, модальные частоты
- Ракетополеты — тепловые напряжения, нагрузки при маневрировании, усилия в точках крепления полезной нагрузки
- Пусковые ракетные комплексы — ветровые нагрузки, нагрузки при пуске
- Вентиляторы двигателей — нагрузки на вращающихся узлах, деформации, композиты
- Компрессор двигателя — нагрузки на вращающиеся узлы, тепловые нагрузки и деформации, наработка на отказ, напряжения в креплениях, круговая симметрия, осевая симметрия
- Турбины двигателя — нагрузки на вращающиеся узлы, тепловые нагрузки и деформации, наработка на отказ, ползучесть, круговая симметрия, осевая симметрия, моделирование отрыва лопаток
- Корпуса авиационных двигателей — нагрузки на подшипники, нагрузки при маневрировании

Автомобили и наземный транспорт

- Кузов — поведение крыши при аварии, прочность кузовных панелей, жесткость, долговечность каркаса
- Трансмиссия — нагрузки от передаваемого крутящего момента, тепловые нагрузки и деформации
- Шасси — нагрузки при движении, деформация подвески
- Внедорожные транспортные средства — прочность, долговечность, элементы защиты при опрокидывании, устойчивость
- Технологическое оборудование — тепловые нагрузки и деформации, модальные частоты, механические напряжения в резьбовых соединениях
- Опорные конструкции — устойчивость, механические напряжения

Судостроение

- Конструкция судна в целом — прочность, деформация, жесткость
- Корпус — прочность обшивки
- Переборки — прочность

Электроника

- Портативное оборудование — моделирование падения, расчет напряжений в пластиковых деталях
- Печатные платы — тепловые нагрузки и деформации, прочность паяных соединений
- Электронные блоки — прочность кронштейнов, модальные частоты

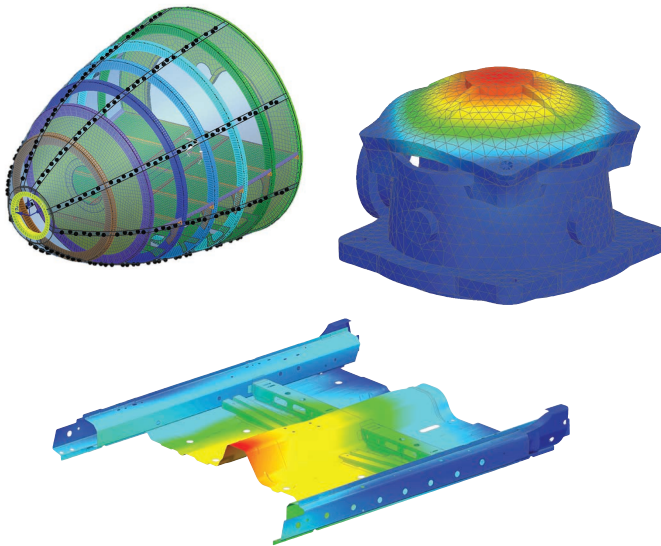
Потребительские товары

- Упаковка — прочность, устойчивость, гиперупругость, ползучесть



Simcenter 3D Structures

Simcenter 3D Structures — это единая, открытая и расширяемая 3D CAE-среда для опытных инженеров-расчетчиков. Simcenter 3D Structures представляет собой пакет, объединяющий решения Simcenter 3D Engineering Desktop, Simcenter Nastran и решатель Simcenter Nastran Basic. Решения в составе Simcenter 3D Structures предоставляют лучшие в своем классе возможности численного моделирования. Основные виды прочностных расчетов выполняются в самом распространенном решателе. Simcenter 3D Engineering Desktop в составе пакета Simcenter 3D Structures ускоряет расчеты, помогая создавать расчетные модели по 3D-геометрии быстрее и эффективнее, чем в традиционных CAE-препроцессорах. Встроенный в Simcenter 3D Structures решатель Simcenter Nastran выполняет линейные статические расчеты, анализ нормальных форм колебаний, расчет устойчивости и основные виды анализа теплопередачи. Кроме того, Simcenter 3D Structures — это базовая платформа, к которой добавляются новые модули для сложных видов прочностных, тепловых, гидрогазодинамических, акустических, кинематических и мультифизических расчетов, а также оптимизации конструкций — в единой среде.



Преимущества модуля

- Ускорение процессов численного моделирования на 70%
- Выполнение точных и надежных прочностных расчетов во встроенном решателе Simcenter Nastran Basic
- Повышение качества изделий благодаря быстрой оценке компромиссных вариантов
- Снижение общей себестоимости разработки изделий благодаря сокращению дорогостоящих изменений в конструкции на поздних этапах
- Эффективная работа с большими и сложными расчетными моделями
- Сохранение и автоматизация типовых и оптимальных рабочих процессов
- Расширение возможностей междисциплинарных расчетов по мере роста потребностей

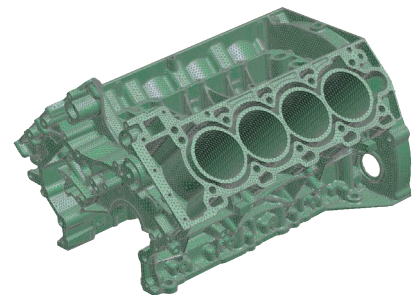
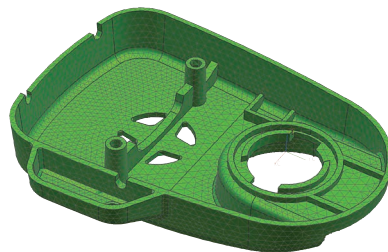
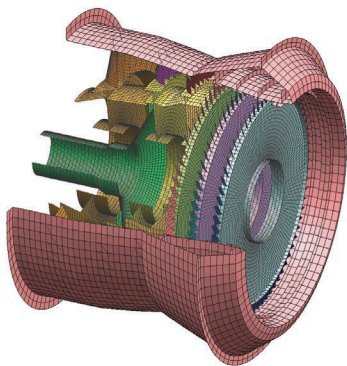
Основные характеристики

- Полнофункциональный пакет: средство пре- и постпроцессинга Simcenter 3D Engineering и решатель Simcenter Nastran Basic для прочностных расчетов
- NX — ведущее геометрическое ядро, также входящее в Simcenter 3D. Это обеспечивает быстрое редактирование и упрощение геометрии
- Мощные инструменты создания конечноэлементных сеток и эффективные средства управления конечноэлементными сборками
- Работа в привычной среде Simcenter Nastran с использованием такой же терминологии, расширенная поддержка элементов и деталей конкретных видов изделий
- Линейные статические расчеты, анализ нормальных форм колебаний, расчеты устойчивости и теплопередачи, прочностные расчеты в проверенном на практике решателе Simcenter Nastran

Решатель Simcenter Nastran

Решатель Simcenter Nastran обеспечивает внедрение численного моделирования в процесс разработки изделий. Он содержит обширную библиотеку различных типов конечных элементов и моделей материалов. Предусмотрены эффективные средства редактирования условий нагружения, а также готовые последовательности решения задач на моделях неограниченного размера. Кроме того, предусмотрено исследование чувствительности при различных видах расчетов.

Базовая лицензия на решатель Simcenter Nastran включает широкий спектр вариантов прочностных расчетов. Это отличный вариант для начала работы в Simcenter Nastran. Кроме того, в лицензию входит стандартный решатель задач теплопередачи. Рассчитанные в нем температуры можно использовать в качестве нагрузок при прочностных расчетах.



Преимущества модуля

- Снижение рисков благодаря использованию численного моделирования, экономия времени и средств по сравнению с изготовлением и испытаниями опытных образцов
- Ускорение инноваций, быстрые итерации «проектирование-расчеты» и расчеты «что если...»
- Виртуальное исследование характеристик изделия во всех возможных условиях эксплуатации, включая тепловые нагрузки

Основные характеристики

- Линейные статистические расчеты, анализ нормальных форм колебаний, расчет устойчивости
- Расчет чувствительности
- Базовый нелинейный анализ
- Расчеты композиционных материалов
- Расчеты в вычислительных системах с общей памятью (SMP)

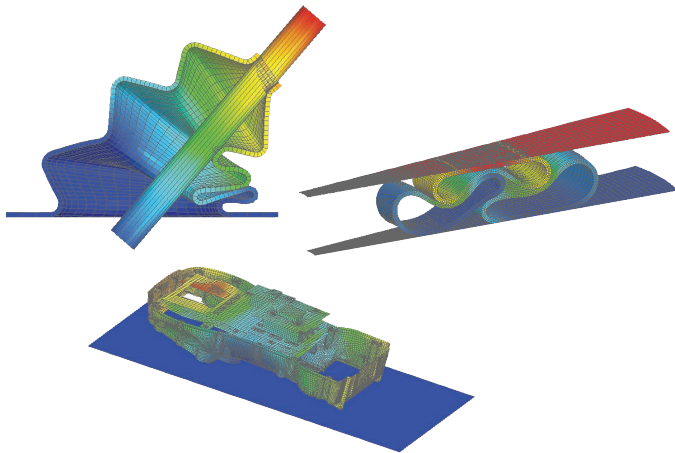
Помимо базовых возможностей, предусмотрено расширение системы с добавлением более сложных видов прочностных расчетов:

- Многоэтапные нелинейные расчеты (статические и в неустановившихся режимах)
- Расчеты в вычислительных системах с распределенной памятью с параллельной архитектурой (DMP)
- Линейные динамические расчеты (в неустановившихся режимах, воздействие заданной частоты, воздействие случайной частоты)
- Роторная динамика
- Оптимизация конструкций и топологии
- Расчеты аэроупругости
- Виброакустические расчеты

Модуль Simcenter Nastran Multistep Nonlinear

Модуль Simcenter Nastran Multistep Nonlinear позволяет выполнять сложные геометрические нелинейные расчеты, расчеты контактов, пластичности, ползучести, гиперупругости и других характеристик материалов. Многоэтапные расчеты позволяют задавать последовательности решения с учетом предварительно приложенных нагрузок, выполняя нелинейные статические расчеты, нелинейные расчеты в неустановившихся режимах, анализ модальных форм, расчеты устойчивости и послекритического поведения, анализ воздействия гармонических колебаний.

Это дополнительный модуль к базовой лицензии, в состав которого входит два варианта нелинейных расчетов: SOL 401 и SOL 402 для Simcenter Nastran. Оба варианта предназначены для решения широкого круга нелинейных задач. При этом у каждого из них есть свои уникальные функции.



Преимущества модуля

- Использование имеющихся моделей, по которым выполняются линейные расчеты в решателе Simcenter Nastran Basic
- Повышение уверенности в правильности окончательного проектного решения с использованием виртуальной оценки характеристик во всех возможных условиях эксплуатации
- Получение более точных результатов, чем при линейном анализе, когда стандартные линейные допущения оказываются неприменимыми

Основные характеристики

- Статический и динамический анализ с учетом нелинейных свойств материалов и геометрии
- Многоэтапный решатель, последовательно выполняющий следующие виды расчетов: статические, динамические, с предварительным нагружением, анализ модальных форм, расчет устойчивости, расчет мод круговой симметрии, гармонический анализ Фурье
- Материалы с нелинейными свойствами: модели гиперупругости (модель Муни-Ривлина, модель Огдена, сильно сжимаемые среды, эффект Маллинза, расчет демпфирования по методу Прони), упругопластичность (критерий пластичности Мизеса, изотропное упрочнение, кинематическое упрочнение, смешанное упрочнение), тепловые и упругопластичные расчеты, ползучесть, комбинированные расчеты ползучести и упругопластичности
- Геометрические нелинейные расчеты: большие деформации, расчет потери устойчивости (послекритическое поведение), силы в толкателях
- Контакт: взаимодействие поверхностей оболочечных и твердотельных элементов, краевые контакты при осесимметричном моделировании, одно- и двухсторонние контакты, самокасание, различные модели сил трения, связанные контакты, смещение поверхностей контакта, зазоры, временное исключение определенных контактов из расчета, представление результатов расчета контактных давлений и усилий, оценка расстояния между контактными поверхностями и параметров скольжения

Модуль Simcenter Nastran DMP

Simcenter Nastran DMP — дополнительный модуль для решателя Simcenter Nastran Basic. Он выполняет параллельные вычисления в системах с распределенной памятью. Это эффективный подход к расчетам больших моделей на многопроцессорных компьютерах под управлением операционной системы Windows. Параллельные вычисления в системах с распределенной памятью поддерживаются при проведении статических расчетов (SOL 101), расчете форм собственных частот (SOL 103), оценке форм динамического отклика (SOL 111 и 112), прямых расчетах частот (SOL 108) и нелинейных расчетов (SOL 401 и SOL 402). Параллельные вычисления в системах с распределенной памятью применяются совместно с системами с общей памятью, которые поддерживаются в решателе Simcenter Nastran Basic.

Преимущества модуля

- Чем больше процессорных ядер, тем быстрее выполняются расчеты
- Анализ больших моделей, готовые невозможно рассчитать в системах с одним процессором

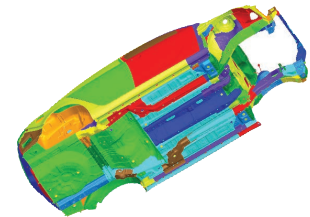
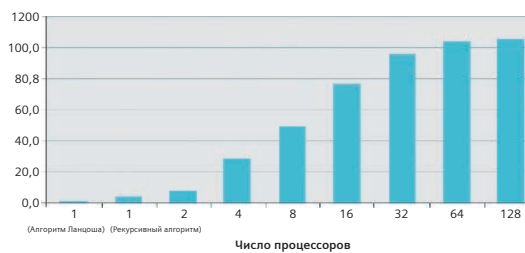
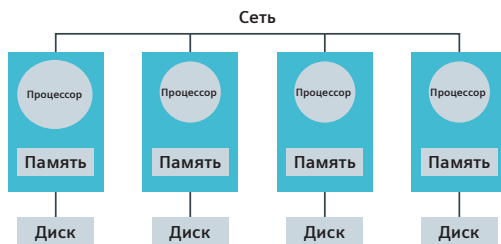
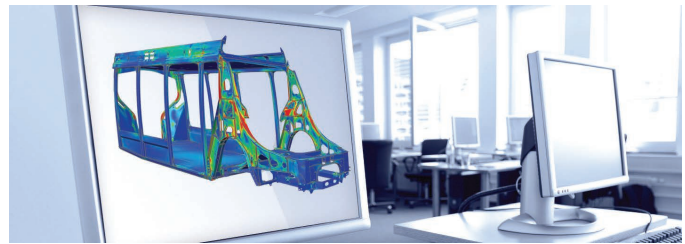


Таблица функциональных возможностей

Общие функции	Дополнительные функции	Simcenter 3D Structures	Simcenter Nastran Basic
Линейные прочностные расчеты	Статические расчеты	•	•
	Динамические расчеты (подробнее см. раздел «Динамические расчеты в Simcenter 3D»)		
	Анализ нормальных форм колебаний	•	•
	Суперэлементы		
	Анализ устойчивости	•	•
	Повторные расчеты	•	•
	Параллельные вычисления в системах с распределенной памятью	•	•
	Элементы		
	3D-твердотельные модели	•	•
	2D-твердотельные модели	•	•
	Оболочки	•	•
	Мембраны	•	•
	Балки	•	•
	Пружины	•	•
	Стержни	•	•
	Жесткие тела	•	•
	Расчеты композиционных материалов		
	Композиты, армированные коротким волокном	•	•
	Композиты, армированные длинным волокном	•	•
	Соединения		
	Предварительная нагрузка болта	•	•
	Контактные соединения	•	•
	Клеевые соединения	•	•
	Материалы		
	Изотропные	•	•
	Ортотропные	•	•
	Анизотропные	•	•
	Температурные зависимости	•	•
	Нагрузки и граничные условия		
	Сила тяжести	•	•
	Силы и моменты	•	•
	Давление	•	•
	Вращательные	•	•
	Температура	•	•
	Вынуждающее перемещение	•	•

Общие функции	Дополнительные функции	Simcenter 3D Structures	Simcenter Nastran Basic	Модуль Simcenter Nastran Multistep Nonlinear
Нелинейные прочностные расчеты	Влияние больших перемещений			•
	Влияние больших деформаций			•
	Контактное взаимодействие	•	•	•
	— функция Кулона	•	•	•
	— другие модели трения			•
	Материалы с нелинейными свойствами			
	Пластичность			•
	— Температурные зависимости			•
	— билинейные			•
	— многолинейные			•
	— изотропное упрочнение			•
	— кинематическое упрочнение			•
	Ползучесть			•
	Гиперпластичные материалы			•
	Нелинейные упругие материалы			•
	Уплотнительные материалы			•
	Задаваемые пользователем свойства материала			•
	Композиционные материалы			
	Расслаивание			•
	Прогрессирующее разрушение			•
	Моделирование термоотверждения			
	Алгоритмы			
	Статический нелинейный расчет (явный)			•
	Нелинейный расчет в переходном режиме (явный)			•
	Комбинированные тепловые и механические расчеты			•
	Комбинированные гидрогазодинамические и прочностные расчеты			•
	Модальные формы в околонелинейном состоянии			•
	Сложные модальные формы в околонелинейном состоянии			•
	Устойчивость в околонелинейном состоянии			•
	Многоэтапные расчеты			•
	Длина дуги			•
	Моды круговой симметрии			•
	Полигармонические модели			•
	Повторные расчеты			•
	Добавление и удаление элементов			•

Общие функции	Дополнительные функции		
	Simcenter 3D Structures	Simcenter Nastran Basic	Модуль Simcenter Nastran Multistep Nonlinear
	Нагрузки и граничные условия (только для нелинейных расчетов)		
	Распределенные силы		•
	Проникновение жидкости под давлением		•
Нелинейные прочностные расчеты	Задание начальных напряжений и деформаций		•
	Погрешности в геометрии		•

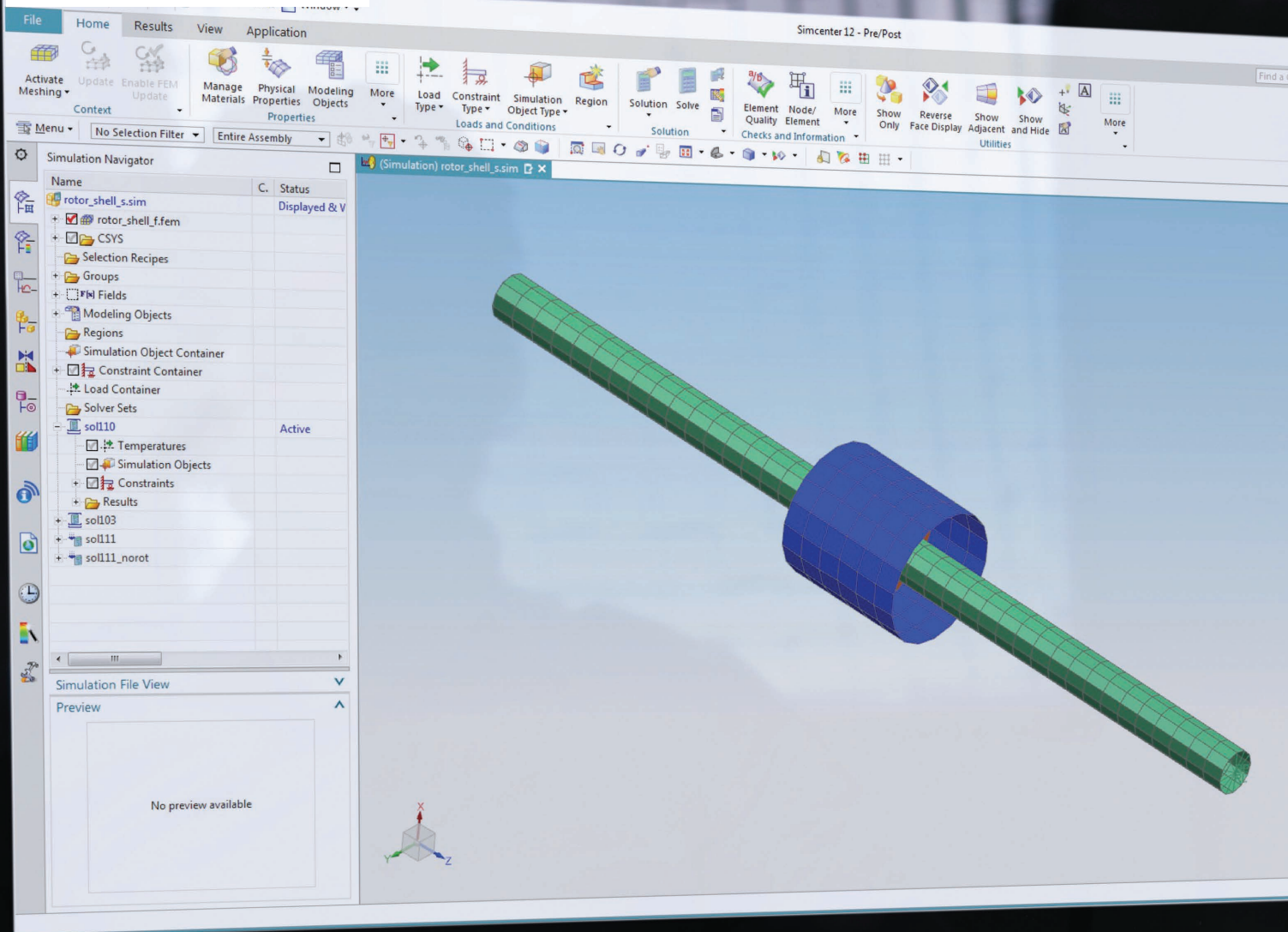
Обозначения:

• = выполняется самим модулем

Примечание: Наличие лицензии на Simcenter 3D Engineering Desktop является минимальным предварительным требованием для работы всех продуктов линейки Simcenter 3D. Отдельные модули могут потребовать наличия и другого программного обеспечения.

SIEMENS

Ingenuity for life



Siemens Digital Industries Software

Динамические прочностные расчеты в Simcenter 3D

Быстрая оценка динамического отклика
конструкций

[siemens.com/simcenter3d](https://www.siemens.com/simcenter3d)



Преимущества решения

- Оценка динамического отклика конструкций и сокращение сроков вывода изделий на рынок
- Использование решателя Simcenter Nastran повышает уверенность в правильности проектных решений благодаря оценке характеристик будущего изделия при воздействии динамических эксплуатационных нагрузок
- Исследование и оптимизация уровня шума и вибраций с применением специализированного набора инструментов постпроцессинга и совершенствования конструкций
- Объединение результатов конечноэлементного моделирования и натурных испытаний (например, нагрузок) повышает точность расчетов
- Быстрая оценка и совершенствование динамических характеристик вращающихся узлов
- Повышение точности и достоверности конечноэлементных моделей на основе корреляции с результатами измерений

Simcenter™ 3D — это полнофункциональное решение для исследования, анализа и совершенствования поведения изделия под воздействием динамических нагрузок. Для проведения динамических расчетов применяется решатель Simcenter Nastran®. Он позволяет выполнить интерактивные решения общих задач динамики для эффективного исследования и устранения избыточной вибрации и механических напряжений. Кроме того имеются специализированные инструменты оценки шума, вибрации и жесткости, роторной динамики и корреляции расчетных и экспериментальных значений

Прогнозирование поведения конструкций при динамических нагрузках

Начиная с этапа концептуального проектирования, расчетчики и другие специалисты применяют инструменты Simcenter 3D для оценки поведения конструкций при динамических нагрузках с целью анализа проектных решений и систематического совершенствования динамических характеристик системы. Графический пользовательский интерфейс Simcenter 3D полностью настраивается для проведения анализа динамических характеристик. При этом используются готовые шаблоны, позволяющие оптимизировать весь процесс разработки изделия.

Динамические прочностные расчеты в Simcenter 3D

NVH и роторная динамика

Специализированные интерактивные и автоматизированные алгоритмы для расчета NVH, а также и динамики вращающихся узлов.

Уникальное сочетание результатов расчетов и натурных испытаний

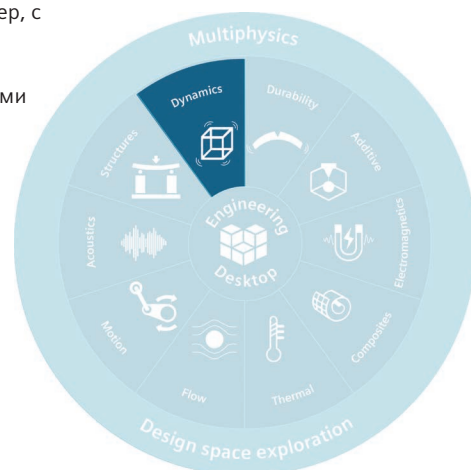
Решения Simcenter 3D для оценки динамических характеристик воплощают уникальный гибридный подход к численному моделированию, при котором результаты измерений и реальные значения нагрузок используются для описания деталей и узлов в конечноэлементных моделях систем. Это ускоряет процессы разработки и повышает их эффективность.

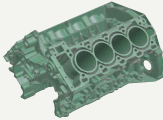
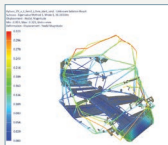
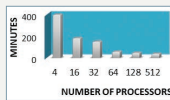
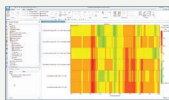
Полная уверенность в правильности результатов конечноэлементных динамических расчетов

Для принятия проектных решений крайне важно иметь полную уверенность в том, что результаты расчета соответствуют реальности. Инструменты корреляции результатов расчета и натурных испытаний помогают оценивать и улучшать модели для динамических расчетов.

Платформа для комбинированных расчетов

Решения Simcenter 3D для оценки динамических характеристик являются частью интегрированной междисциплинарной среды численного моделирования, основой которой является Simcenter 3D Engineering Desktop — централизованная платформа пре- и постпроцессинга для всех решений линейки Simcenter 3D. Эта интегрированная среда ускоряет CAE-процессы и упрощает междисциплинарный анализ, когда расчеты динамики объединяются, например, с оценкой динамических нагрузок в движении, гидрогазодинамическими расчетами и моделированием электромагнитных явлений.



Преппроцессинг	Подготовка к испытаниям. Корреляция результатов расчетов и испытаний	Многоуровневые сборки	Моделирование соединений	Построение КЭ-сетки в полости	Нагрузки	Расчет	Постпроцессинг
Упрощение геометрии, синхронная технология, гибридное моделирование, поддержка различных CAD-систем, построение конечноэлементных сеток, граничные условия	Размещение датчиков и возбудителей колебаний, деформированное состояние при эксплуатации, критерий проверки по собственным частотам (MAC), расчет координат по MAC, масштабный модальный коэффициент (MSF), проверка взаимной ортогональности	Подсборки, гибридное моделирование с учетом результатов испытаний и АЧХ, учет атрибутов деталей при автоматической сборке	Распознавание универсальных соединений, сварных швов, шарниров, пружин, гасителей колебаний и уплотнений	Построение конечноэлементных сеток на твердотельных моделях и оболочках, обертывающие поверхности и полигональные тела	Нагрузки по результатам измерений, динамические нагрузки по результатам расчетов в модуле Simcenter 3D Motion, сопоставление динамических нагрузок и электромагнитных воздействий, принудительные вибрационные нагрузки	Методики упрощения моделей, модальные расчеты, суперэлементы, АЧХ	Модальные расчеты, построение сетки по траектории, учет воздействия каркаса и обшивки, учет энергетических воздействий, расчет излучаемой мощности
							

Расчеты сценариев вида «что будет, если», оптимизация, предоставление обратной связи конструкторам

Процесс расчета шумов и вибраций

Варианты применения

Большинство систем на том или ином этапе своего жизненного цикла подвергаются динамическим нагрузкам. Поэтому изучение динамических характеристик конструкций — весьма важный аспект проектирования во многих отраслях. Simcenter 3D — это полнофункциональное решение для исследования динамических характеристик компонентов, подсистем и целых систем изделий.

Автомобилестроение и транспорт

NVH-характеристики оказывают огромное влияние на впечатление от автомобиля и восприятие качества. В Simcenter 3D предусмотрены интегрированные инструменты и решатели для оценки шумов и вибраций и выявления основных причин их возникновения.

Аэрокосмическая и оборонная промышленность

Simcenter 3D помогает выявлять слабые места в конструкции, уровни вибраций и динамические характеристики авиационных изделий, подвергаемых динамическим нагрузкам. Специализированные инструменты расчета роторной динамики предназначены для оценки характеристик авиационных двигателей и предотвращения нестабильной работы.

Технологическое оборудование

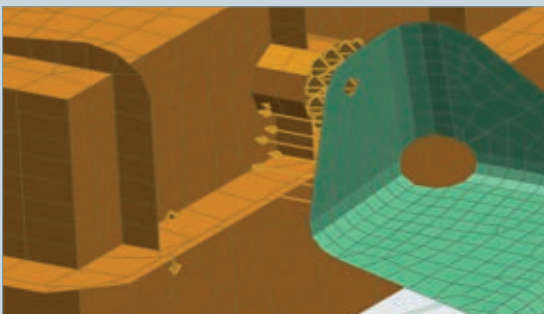
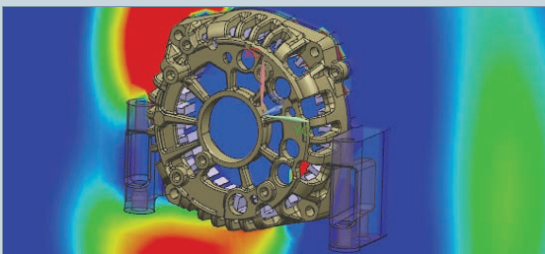
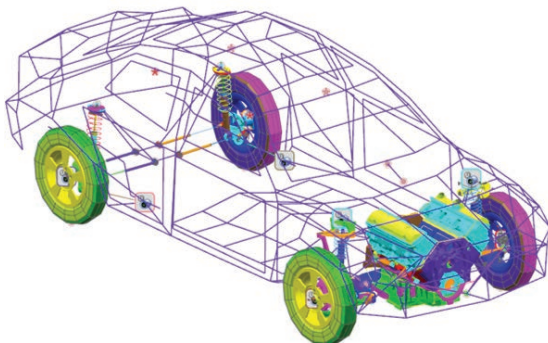
Избыточные вибрации станков ухудшают качество изготавливаемых деталей. Simcenter 3D позволяет выявить возможные причины вибрации станка, включая анализ поведения вращающихся узлов.

Электроника и потребительские товары

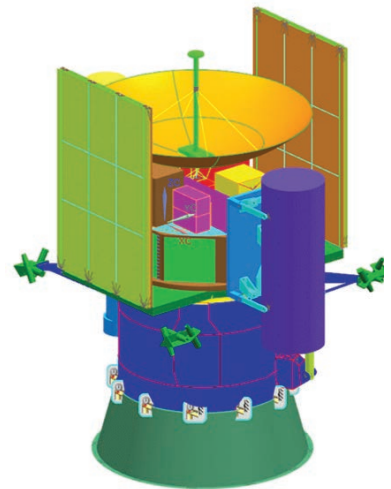
Simcenter 3D прогнозирует динамические характеристики электроники и потребительских товаров, помогая устранять избыточные вибрации и механические напряжения, способные привести к усталостным разрушениям.

Судостроение

В условиях роста спроса на все более быстрые и легкие суда инженеры используют Simcenter 3D для прогнозирования отклика всей конструкции и ее отдельных элементов при воздействии волн и течений.

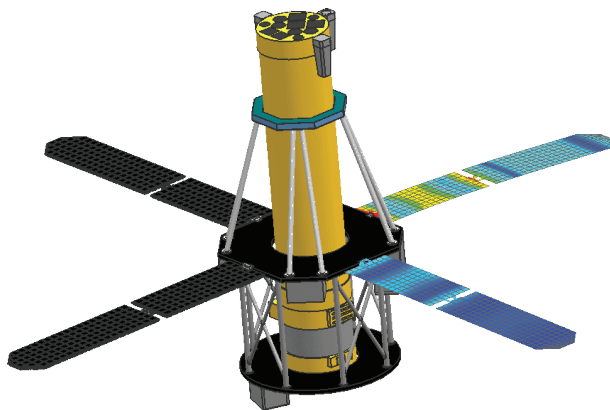
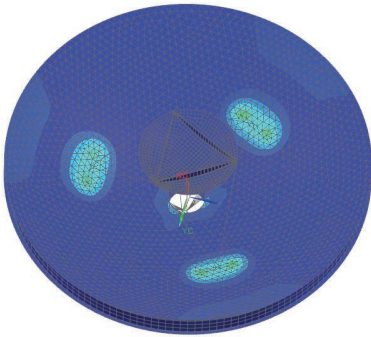


Динамическая нагрузка
Динамический отклик
Шумы и вибрации
Роторная динамика



Модуль Simcenter 3D Response Dynamics

Модуль Simcenter 3D Response Dynamics — интегрированное решение, упрощающее динамические расчеты и повышающее их эффективность. Модуль прогнозирует принудительный отклик несущих конструкций в различных ситуациях нагружения. При этом используется единый графический пользовательский интерфейс, что устраняет сложности в ходе подготовки и запуска расчета, а также ускоряет оценку динамических характеристик будущего изделия. Результаты расчетов применяются для совершенствования конструкции и подтверждения правильности принятых проектных решений еще до изготовления опытных образцов и начала производства.

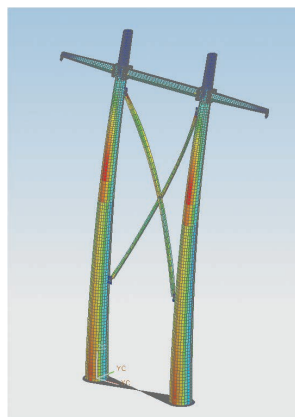


Преимущества модуля

- Быстрая оценка динамического отклика конструкций
- Быстрое получение результатов с графическим представлением
- Использование всех возможностей Simcenter 3D для быстрого проведения конструкторских изменений с учетом полученных динамических характеристик

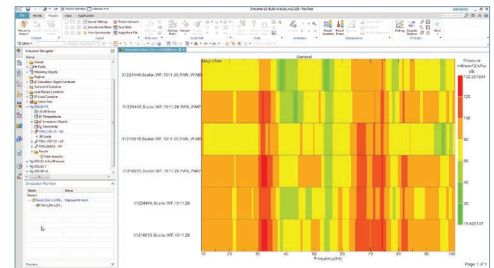
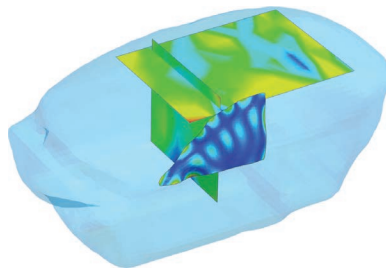
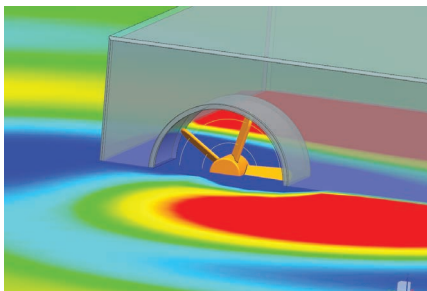
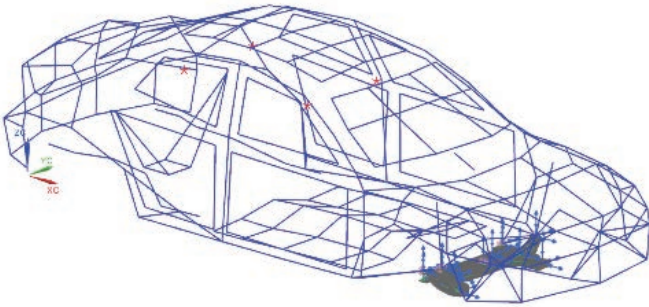
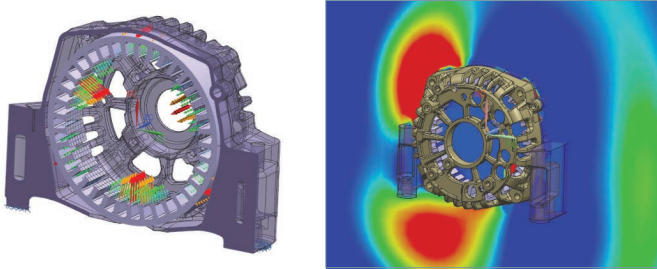
Основные характеристики

- Прогнозирование отклика модели на переходные режимы, гармонические колебания, случайные вибрационные воздействия, различные ударные и квазистатические нагрузки. Применяется метод динамического анализа (DDAM) реакции корпуса судна на ударные нагрузки
- Эффективный расчет модального отклика на основе уже рассчитанных в Simcenter Nastran форм колебаний
- Импорт, создание и редактирование информации о внешних воздействиях на основе результатов расчета и натурных испытаний. Учитываются силы, вынуждающие перемещения и распределенные нагрузки (например, динамическое давление)
- Отличная интеграция расчётных моделей с результатами испытаний. Измеренные значения ускорений преобразуются в нагрузки



Модуль Simcenter 3D Noise and Vibration Modeling

Модуль Simcenter 3D Noise and Vibration Modeling выполняет множество функций пре- и постпроцессинга при расчете шумов и вибраций, что позволяет оценивать и оптимизировать шумовые и вибрационные характеристики узлов и целых систем.



Преимущества модуля

- Получение важнейших шумовых и вибрационных характеристик конструкции
- Случаи нагружения создаются по результатам измерений и ранее выполненным расчетам
- Использование упрощенных, но динамически эквивалентных представлений деталей и узлов в сборках ускоряет анализ частотных характеристик

Основные характеристики

- Интуитивно понятная оценка шумов и вибраций, поддержка модальных расчетов, построение сеток, расчет траекторий передачи энергии
- Сопоставление результатов испытаний с результатами ранее проведенных расчетов (системы многих тел, расчеты электромагнитных явлений, гидрогазодинамические расчеты) при работе с виброакустическими расчетными моделями. Переход от временной области к частотной для получения фактических значений нагрузок
- Построение амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) и модальных представлений элементов конструкции в контексте всего узла в целом на основании как расчетных, так и экспериментальных данных
- Представления акустических (ATV) и виброакустических (VATV) передаточных векторов, используемые в различных сценариях нагружения, что позволяет оценивать шумы в трансмиссии и ветровой шум в салоне

Модуль Simcenter 3D Load Identification

Модуль Simcenter 3D Load Identification предназначен для получения точных значений динамических нагрузок на конструкцию. Эксплуатационные нагрузки очень важны для точного прогнозирования отклика системы. Однако нередко сложно или невозможно измерить непосредственно. Данный модуль определяет эксплуатационные нагрузки по результатам измерений — методом расчета жесткости креплений или методом обратных матриц. Например, метод обратных матриц определяет вибрации в реальных условиях эксплуатации, а передаточные функции (АЧХ) определяются в контролируемых лабораторных условиях или расчетным путем. Затем полученные данные объединяют с получением варианта нагружения с обратными нагрузками.

Преимущества модуля

- Определение эксплуатационных нагрузок, которые сложно или невозможно измерить непосредственно
- Повышение точности численного моделирования благодаря учету точных значений нагрузок
- Объединение результатов натурных измерений с результатами конечноэлементных расчетов

Основные характеристики

- Метод расчета жесткости креплений для оценки действующих на них сил по уровням эксплуатационных вибрации по обеим сторонам крепления и величине жесткости крепления
- Метод обратных матриц, использующий результаты натурных измерений и передаточные функции
- На основе только результатов измерений либо сочетания эксплуатационных показателей и результатов численного моделирования
- Простое использование полученных значений сил в расчетной модели

Испытания



Метод расчета жесткости креплений

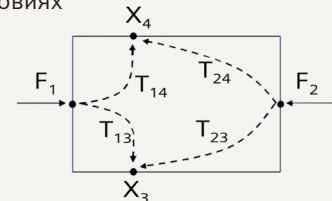
- Измеряются эксплуатационные вибрации на обоих концах креплений
- АЧХ и жесткость креплений определяются лабораторными испытаниями



$$F(\omega) = K(\omega)[X_s(\omega) - X_t(\omega)]$$

Метод обратных матриц

- Измерение эксплуатационных вибраций
- Определение АЧХ в лабораторных условиях



$$\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{13} & T_{23} \\ T_{14} & T_{24} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X_3 \\ X_4 \end{bmatrix}$$

Модуль Simcenter 3D NVH Composer

Модуль Simcenter 3D NVH Composer — простое в использовании средство создания конечноэлементных моделей целых транспортных средств для проведения анализа шумов и вибраций. Модель создается из подборок (кузов, двери, подвеска...)

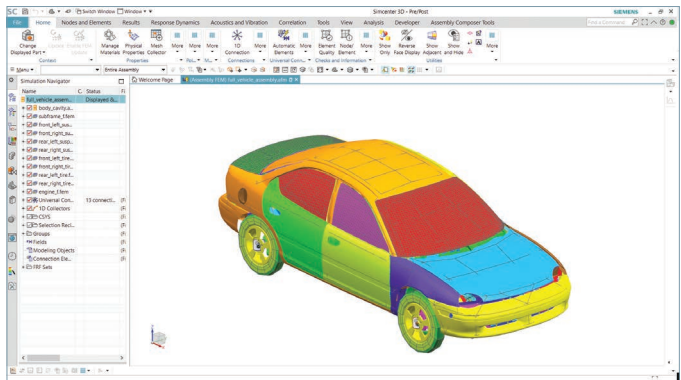
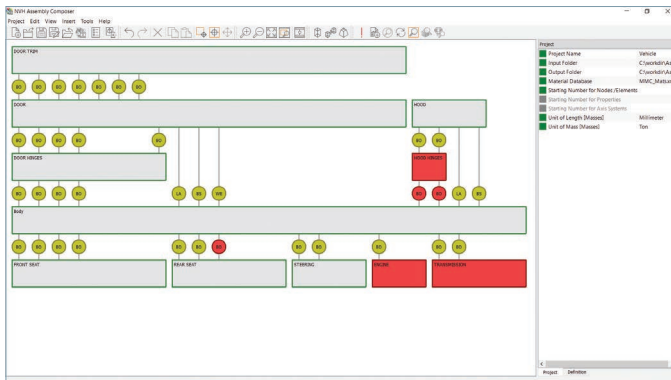
Интерактивное графическое окно модуля предназначено для задания топологии сборки всего транспортного средства в целом: в модель добавляются детали и узлы, связи между ними, а также информация о распределении сосредоточенных масс. Когда такая модель транспортного средства готова, по ней автоматически создается сборка в Simcenter 3D, синхронизированная с графическим отображением структуры модели. Это значительно упрощает работу со сборкой. Поддерживаются все типовые виды соединений подсистем транспортных средств. Моделирование выполняется в решателе Simcenter Nastran.

Преимущества модуля

- Повышение производительности и ускорение создания моделей транспортных средств
- Устранение человеческого фактора: топология сборки фиксируется в файлах компоновки
- Упрощение моделирования транспортных средств
- Удобное выполнение повторных расчетов при внесении изменений в конструкцию

Основные характеристики

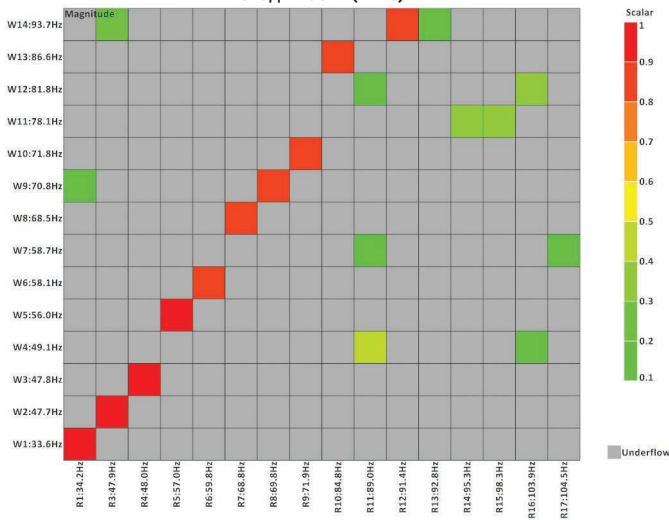
- Интерактивное графическое задание топологии всего транспортного средства на основе конечноэлементных моделей подсистем
- Поддерживаются все виды типовых автомобильных соединений (болты, втулки, оконные уплотнители и пр.)
- Учет распределения сосредоточенных масс
- Автоматическое построение сборки по описанию топологии целого транспортного средства
- Встроенные функции проверки
- Автоматическая синхронизация модуля Simcenter 3D NVH Composer с готовой сборкой в Simcenter 3D



Модуль Simcenter 3D FE Model Correlation

Модуль Simcenter 3D FE Model Correlation выполняет количественное и качественное сравнение результатов численного моделирования и натурных испытаний, а также сравнение результатов двух расчетов. В модуле имеются инструменты для геометрического сопоставления моделей, установления соответствия между моделями из двух разных расчетов, просмотра форм колебаний, АЧХ, расчета и отображения степени корреляции.

Результаты оценки корреляции по критерию модальной сходимости (MAC)

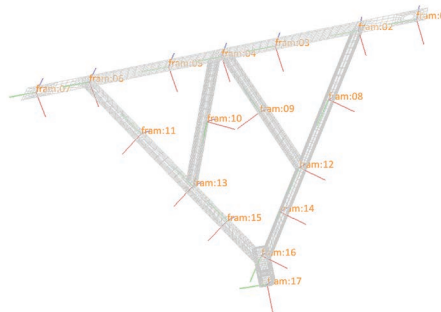
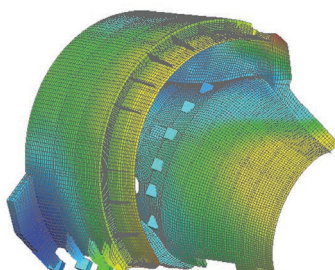
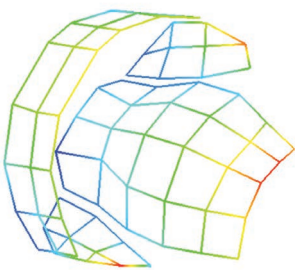


Преимущества модуля

- Валидация точности конечноэлементной модели для динамического анализа
- Выбор оптимальных мест установки датчиков и возбудителей колебаний при проведении испытаний по определению частот и форм колебаний конструкции
- Повышение производительности благодаря тому, что создание, расчет и оценка модели выполняются в одной и той же среде

Основные характеристики

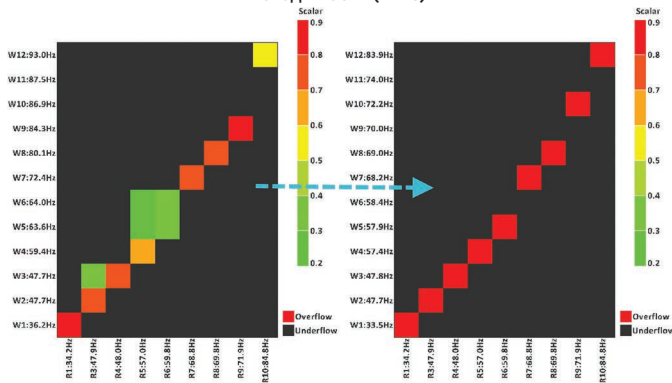
- Поддержка решателей Simcenter Nastran, Simcenter Samcef®, Abaqus, ANSYS и MSC Nastran
- Импорт результатов испытаний в стандартном формате Simcenter Testlab™
- Подготовка к испытаниям, определение оптимального количества и мест установки датчиков и возбудителей колебаний
- Мощные и интуитивные инструменты сопоставления расчетной модели с результатами испытаний
- Автоматическое и ручное сопоставление узлов конечноэлементной модели с датчиками
- Широкий выбор критериев корреляции и вариантов сопоставления моделей
- Интерактивная корреляция моделей с применением матричного метода и отображением форм колебаний



Модуль Simcenter 3D FE Model Updating

Модуль Simcenter 3D FE Model Updating представляет собой инструмент для корреляции моделей. Он автоматически корректирует конечноэлементные модели так, чтобы они максимально точно соответствовали результатам натурных испытаний. Данный модуль полностью интегрирован с модулями прочностных расчетов в Simcenter 3D, что делает процесс внесения изменений интуитивно понятным и эффективным.

Результаты оценки корреляции по критерию модальной сходимости (MAC)



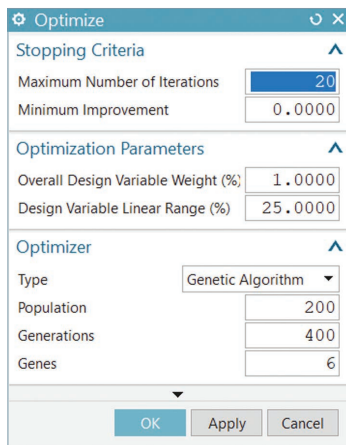
До и после обновления модели.

Преимущества модуля

- Повышение точности и достоверности конечноэлементных моделей
- Повышение производительности благодаря тому, что создание, расчеты и обновление модели выполняются в одной и той же среде
- Быстрые расчеты на основе чувствительности конструкции к внешним воздействиям

Основные характеристики

- Задание таких свойств материалов, как поперечное сечение балочных элементов, толщины многослойных материалов или оболочек и модуль Юнга
- Автоматическое создание различных параметров конструкции
- Автоматическое и ручное управление параметрами изделия
- Целевые параметры: модальные частоты, соблюдение критериев проверки по собственным частотам (MAC) и взаимной ортогональности форм колебаний
- Лицензии на Simcenter Nastran или MSC Nastran SOL 200 не требуются
- Встроенный решатель собственных значений обеспечивает точное обновление результатов всего за несколько итераций
- Автоматическое обновление конечноэлементной модели, которое легко передается на все этапы численного моделирования



Mode Correlation Metrics							
Design Variables [31]							
Simulation File View							
Correlation Details View							
ID	Name	Label	Value	Lower Bound	Upper Bound	Weight	Phy
6	Multiple Create DV S235JR_MASSLES...	M114E	0.512	0.200	2.000	1.000	S23
7	Multiple Create DV S235JR_MASSLES...	M115E	1.076	0.500	2.000	1.000	S23
8	Multiple Create DV S235JR_MASSLES...	M117E	0.904	0.500	2.000	1.000	S23
9	Multiple Create DV S235JR_MASSLES...	M118E	0.728	0.500	2.000	1.000	S23
1.	Multiple Create DV S235JR_MASSLES...	M116E	0.905	0.500	2.000	1.000	S23
1.	Multiple Create DV TUBE_40_37 I1 11	P4411	0.510	0.200	2.000	1.000	TUE
1.	Multiple Create DV TUBE_40_37 I2 12	P4412	1.143	0.500	2.000	1.000	TUE
1.	Multiple Create DV TUBE_40_37_1 I1 ...	P4511	1.654	0.500	2.000	1.000	TUE
1.	Multiple Create DV TUBE_40_37_1 I2 ...	P4512	0.690	0.200	2.000	1.000	TUE
1.	Multiple Create DV TUBE_40_37_2 I1 ...	P4611	1.214	0.500	2.000	1.000	TUE
1.	Multiple Create DV TUBE_40_37_2 I2 ...	P4612	0.529	0.200	2.000	1.000	TUE

Модуль Simcenter Nastran Dynamic Response

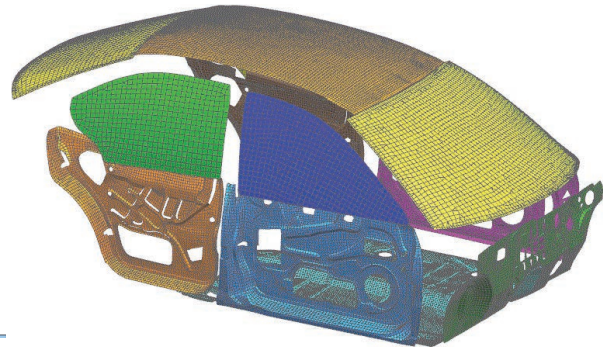
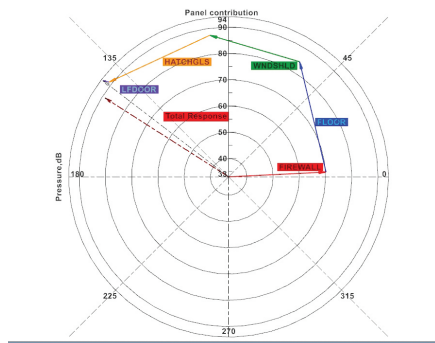
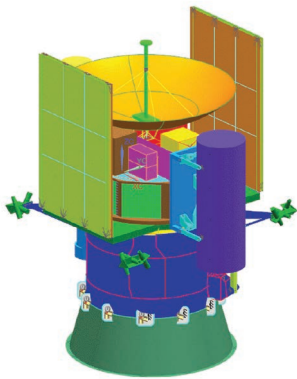
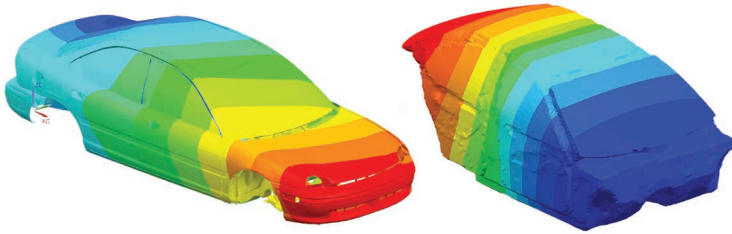
Модуль Simcenter Nastran Dynamic Response — основной решатель для динамического конечноэлементного анализа. Он выполняет анализ принудительного отклика детали или сборки на возбуждения, меняющиеся по частоте или во времени. Оценка отклика на динамические воздействия в различных условиях эксплуатации — критически важная задача в таких отраслях, как автомобилестроение, авиационно-космическая промышленность, производство потребительских товаров и другие секторы, в продукции которых применяется электроника. Модуль позволяет проводить многочисленные виртуальные исследования вида «что будет, если» в различных динамических условиях эксплуатации. Для этого в Simcenter Nastran Dynamic Response предусмотрен широкий набор инструментов для расчетов.

Преимущества модуля

- Оценка динамических характеристик физической модели
- Возможность использования в самых различных отраслях и с моделями любого размера
- Экономия времени и средств по сравнению с циклом «изготовление опытного образца — испытание — разрушение»

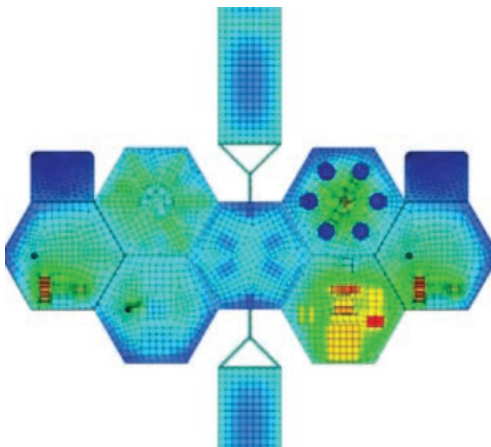
Основные характеристики

- Полный набор инструментов для оценки динамических характеристик. Выполнение частотного анализа, оценке переходных характеристик, комплексных собственных значений, отклика на случайное воздействие, спектра при ударной нагрузке и других видов расчета
- Модуль включает широкий выбор решателей собственных значений, среди которых — расчеты по методам Ланцоша, Хессенберга и Хаусхолдера.
- Поддержка различных видов динамических нагружений во временной и частотной областях
- Быстрый анализ частотного отклика даже у больших моделей



Пакет Simcenter Nastran Advanced Dynamics

Simcenter Nastran Advanced Dynamics — экономичный пакет, решающий базовые и более сложные задачи анализа динамики. В пакет входят модули Simcenter Nastran Dynamic Response, представления Simcenter Nastran FRF, расчет суперэлементов в Simcenter Nastran, расчет нормальных форм колебаний в рекурсивной области в Simcenter Nastran, Simcenter Nastran DMP (расчеты с использованием распределенной модели памяти), модули Simcenter Nastran Aeroelasticity и Simcenter Nastran Direct Matrix Abstraction Program (DMAP).



Преимущества модуля

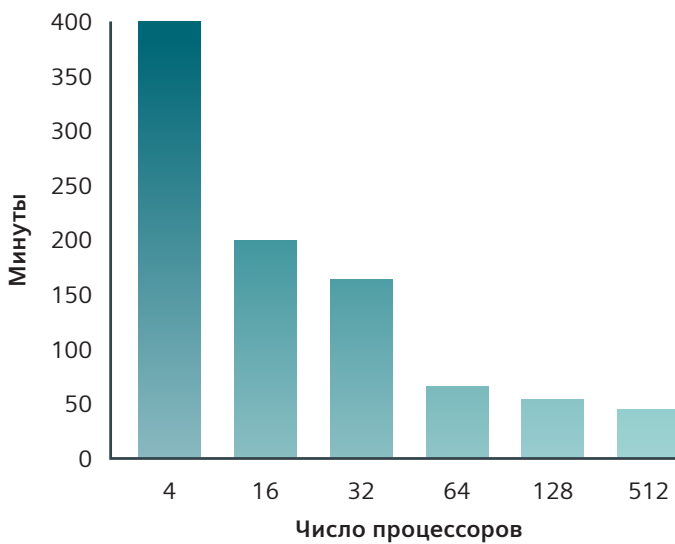
- Экономичный пакет для проведения самых сложных расчетов динамики и ускорения вывода изделий на рынок
- Создание моделей целых систем в виде гибридных сборок, основанных на результатах конечноэлементных расчетов и натурных измерений, а также включающих модели уменьшенного порядка

Основные характеристики

- Включены все функциональные возможности модуля Simcenter Nastran Dynamic Response
- Включены представления АЧХ в Simcenter Nastran
- Расчет принудительного отклика на возбуждения, меняющиеся по частоте или во времени
- Представление деталей и узлов в виде амплитудно-частотных характеристик — это альтернатива матричному представлению
- Эффективные расчеты крупных моделей, содержащих свыше 300 форм колебаний, с использованием RDMODES
- Прочностные расчеты с учетом воздействия воздушного потока на конструкцию и аэроупругости
- Редактирование готовых последовательности выполнения расчетов в модуле DMAP

Модуль Simcenter Nastran DMP

Модуль Simcenter Nastran DMP существенно сокращает время расчета, распределяя нагрузку по нескольким процессорам и другим вычислительным ресурсам. Simcenter Nastran DMP обеспечивает более высокий уровень параллелизма вычислений и лучшую масштабируемость, чем расчеты в системах с общей памятью (SMP).

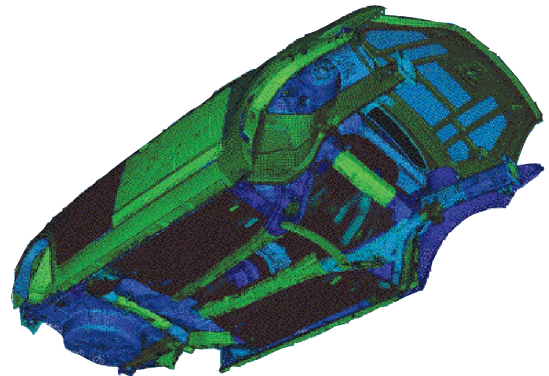


Преимущества модуля

- Быстрое решение самых сложных задач
- Модуль DMP решает самые сложные задачи более чем в 100 раз быстрее, чем при расчете по методу Ланцоша на одном процессоре

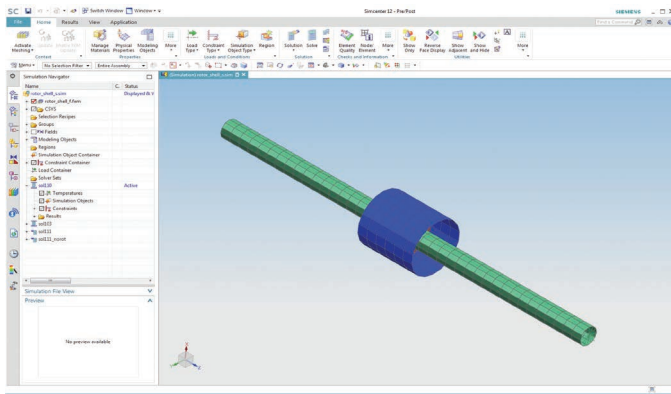
Основные характеристики

- В Simcenter Nastran имеется масса вариантов разделения задачи по областям знаний — на геометрическую модель, частотные характеристики, иерархические схемы, нагрузки и расчеты в рекурсивной области
- Модуль DMP может работать на одном многопроцессорном компьютере
- Поддерживаемые виды расчетов динамики: модальный и непосредственный частотный отклик, расчеты собственных значений и модальный анализ переходных процессов



Модуль Simcenter Nastran Rotor Dynamics

Вращающиеся узлы подвержены действию гироскопических сил — например, силы Кориолиса и центробежной силы — которые отсутствуют в стационарных узлах. Модуль Simcenter Nastran Rotor Dynamics прогнозирует линейные динамические характеристики вращающихся узлов. Предусмотрены расчеты нагрузок на вращающиеся детали, проведение синхронных и асинхронных расчетов с построением диаграмм Кэмпбелла, прогнозирование частот прецессии критических частот вращения и выявление неустойчивости вращающихся узлов.

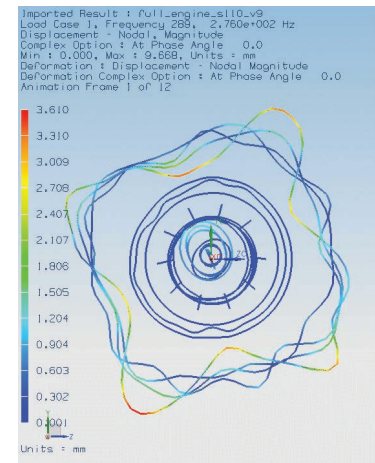
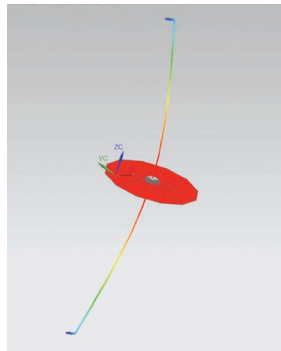
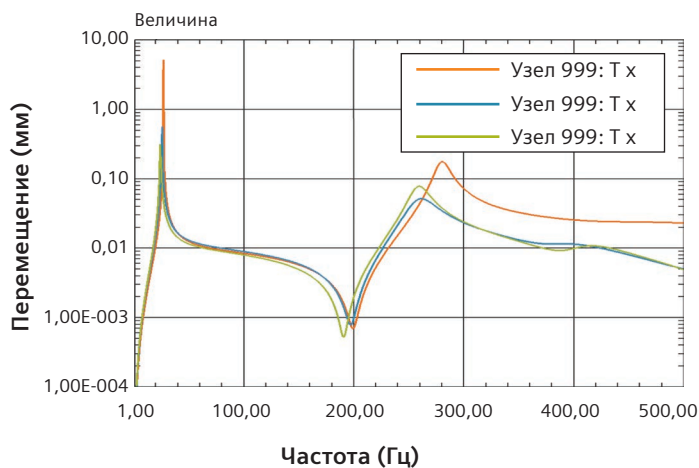


Преимущества модуля

- Быстрая оценка и совершенствование динамических характеристик вращающихся узлов в полностью интегрированной CAE-среде без изготовления опытных образцов
- Внесение изменений в конструкцию по результатам опыта эксплуатации с целью повышения производительности вращающегося оборудования

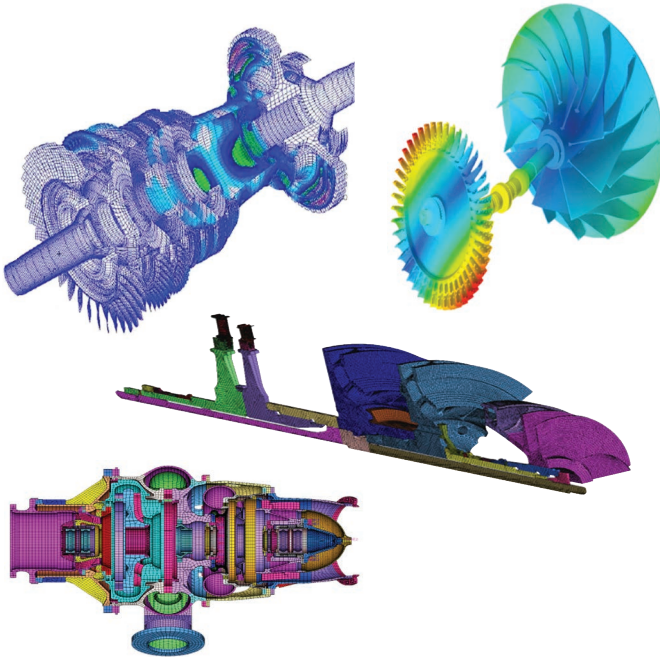
Основные характеристики

- Расчет критических частот вращения и частот прецессии по диаграммам Кэмпбелла
- Изучение линейные динамические характеристики вращающихся узлов в условиях дисбаланса при возбуждении в частотной (синхронной или асинхронной) или временной областях
- Расчет симметричных и асимметричных моделей тел вращения, а также расчеты систем тел, вращающихся с различными частотами и имеющими различные ориентации
- Учет неравномерной жесткости для расчета уменьшения жесткости под действием центробежных сил
- Расчеты моделей в неподвижной или вращающейся системе координат



Модуль Simcenter Samcef Rotor

Модуль Simcenter Samcef® Rotor рассчитывает характеристики вращающихся с большой частотой узлов — турбин, авиационных двигателей, пропеллеров, вентиляторов и пр. Модуль предназначен для специалистов по динамике вращения, а также для инженеров, занимающихся общей динамикой вращающегося оборудования. Модуль Simcenter Samcef Rotor — автономное программное обеспечение со специализированными инструментами пре- и постпроцессинга и решателями линейных и нелинейных уравнений. Кроме того, поддерживается построение и воссоздание суперэлементов.



Преимущества модуля

- Возможность решения крупномасштабных задач в сложных реальных условиях
- Точное численное моделирование общей динамики узлов, содержащих статор и ротор
- Точное моделирование с учетом нелинейных эффектов в соединениях
- Снижение вибраций, прогнозирование и устранения опасных резонансов
- Улучшение характеристик изделий, сокращение потребности в дорогостоящих опытных образцах

Основные характеристики

- Построение самых точных моделей динамики вращающихся тел с использованием обширной библиотеки элементов (1D, 3D, 2D, преобразования Фурье, множественные гармоники, круговая симметрия и др.)
- Мощные инструменты упрощения моделей с использованием суперэлементов и включением упрощенных представлений в состав моделей больших сборок
- Библиотека подшипников и уплотнений (подшипники качения, гидродинамические подшипники, демпфирование в сжатой масляной пленке, зубчатые передачи и пр.), применяемая при моделировании соединений в сборке
- Расчеты симметричных и асимметричных роторов и статоров, а также расчеты систем тел, вращающихся с различными частотами и имеющими различные ориентации
- Поддержка различных видов расчета: вычисление критических частот вращения, расчет гармонических характеристик и анализ переходных процессов
- Специализированные инструменты постпроцессинга, отвечающие требованиям отраслевых стандартов

Таблица функциональных возможностей

Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Response Dynamics	Модуль Simcenter 3D Noise and Vibration Modeling	Модуль Simcenter 3D Load Identification	Модуль Simcenter 3D NVH Composer	Модуль Simcenter 3D FE Model Correlation	Модуль Simcenter 3D FE Model Updating	Модуль Simcenter Nastran Dynamic Response	Пакет Simcenter Nastran Advanced Dynamics	Модуль Simcenter Nastran DMP	Модуль Simcenter Nastran Rotor Dynamics	Пакет Simcenter Samcef Rotor
		Динамические прочностные расчеты										
Линейные динамические прочностные расчеты	Модальная переходная характеристика	•						•	•			
	Модальная частотная характеристика	•						•	•			
	Переходная характеристика							•	•			
	Частотная характеристика							•	•			
	Циклическая частотная характеристика							•	•			
	Комплексный модальный анализ							•	•			
	Спектр ударных воздействий	•						•	•			
	Случайные вибрации	•						•	•			
	Методика динамического анализа конструкций	•						•	•			
Сложные виды динамических расчетов	Суперэлементы								•			
	Комбинированные гидрогазодинамические и прочностные (виброакустические) расчеты							•	•			
	Амплитудно-частотные характеристики (АЧХ)								•			
	Нормальные формы колебаний в рекурсивной области (RDMODES)								•			
	Быстрый частотный отклик (FASTFR)							•	•			
	Приложение Direct Matrix Abstraction Programming (DMAP)								•			
	Аэроупругость								•			
Параллельная обработка	Системы с общей памятью (SMP)							•	•	•		
	Распределенная память с параллельной архитектурой (DMP)								•	•		



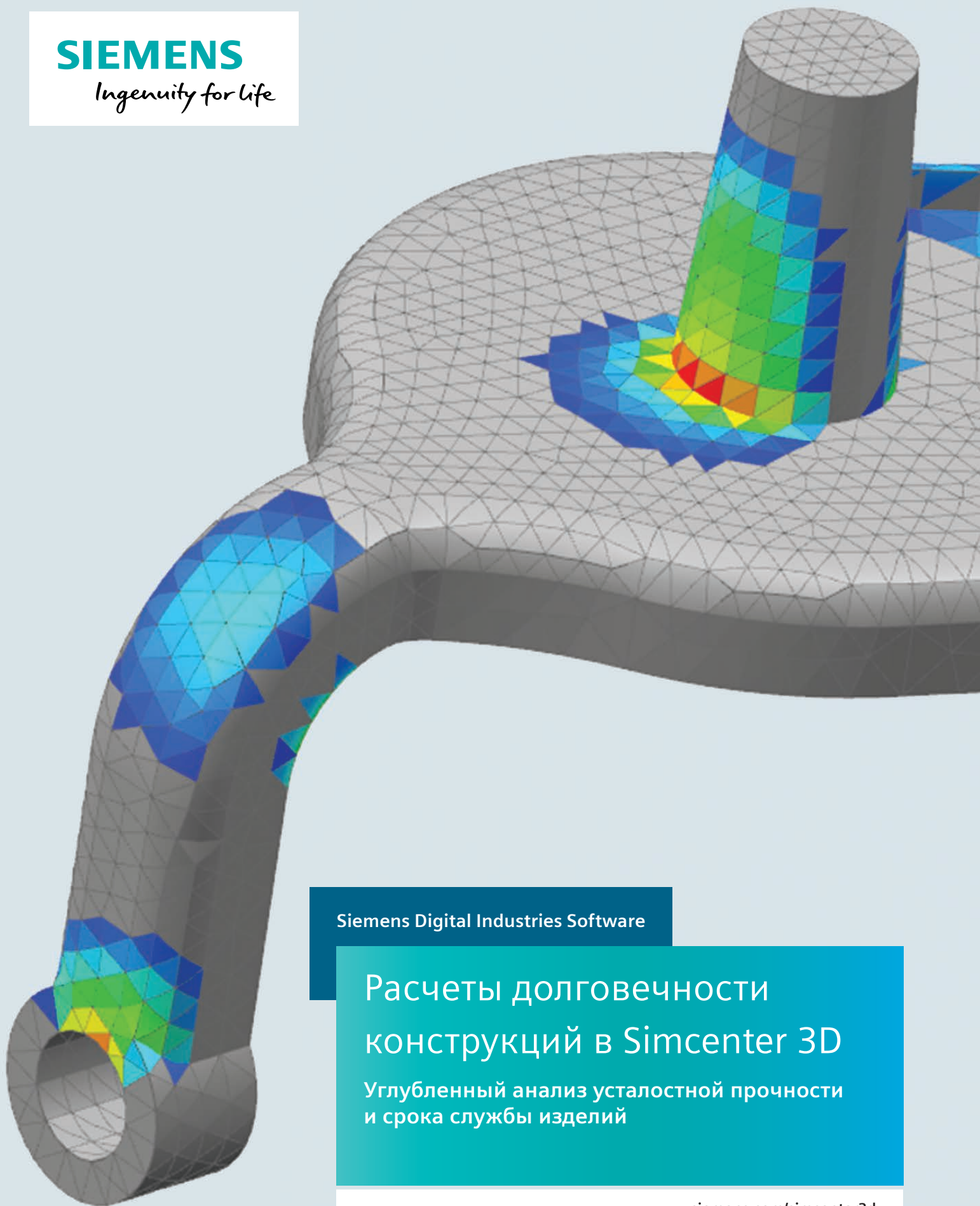
Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Response Dynamics	Модуль Simcenter 3D Noise and Vibration Modeling	Модуль Simcenter 3D Load Identification	Модуль Simcenter 3D NVH Composer	Модуль Simcenter 3D FE Model Correlation	Модуль Simcenter 3D FE Model Updating	Модуль Simcenter Nastran Dynamic Response	Пакет Simcenter Nastran Advanced Dynamics	Модуль Simcenter Nastran DMP	Модуль Simcenter Nastran Rotor Dynamics	Пакет Simcenter Samcef Rotor
		Шумы и вибрации (NVH)										
Создание NVH-моделей	Создание 2D-топологии целого транспортного средства на основе подборок				•							
	Автоматизация построения сборок целых транспортных средств				•							
	Болты				•							
	Пружины и втулки				•							
	Уплотнения				•							
	Сварные швы				•							
	Кинематика (например, замки, ограничители хода)				•							
	Учет сосредоточенных масс				•							
Постпроцессинг при расчетах шумов и вибрации	Модальное содействие		•									
	Учет взаимодействия каркаса и обшивки		•									
	Учет траектории передачи энергии колебаний		•									
	Учет энергии колебаний		•									
Расчет шумов и вибраций на уровне систем (гибридный)	Модальное представление (комбинированный препроцессинг форм колебаний)		•									
	Представления АЧХ (комбинированный препроцессинг АЧХ)		•									
	Расчеты АЧХ		•									
Дополнительные виды расчетов шумов и вибрации	Анализ путей передачи колебаний		•									
	Выявление нагрузок (метод креплений, обратные усилия)			•								
	Анализ основных деталей и узлов											
Роторная динамика												
Модели тел вращения	1D (линейные модели), 2D, 3D-модели										•	•
	2D полигармонические модели											•
	Представление смешанных моделей											•
	Расчеты конструкций с несколькими телами вращения										•	•
	Круговая симметрия											•
	Моделирование многоступенчатых турбин с круговой симметрией											•
Симметрия и суперэлементы	Симметричный ротор с симметричным статором										•	•
	Симметричный ротор с несимметричным статором										•	•
	Несимметричный ротор с симметричным статором										•	•
	Несимметричный ротор с несимметричным статором											•
	Представление невращающихся деталей при помощи суперэлементов										•	•
	Представление вращающихся деталей в виде суперэлементов											•

Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Response Dynamics	Модуль Simcenter 3D Noise and Vibration Modeling	Модуль Simcenter 3D Load Identification	Модуль Simcenter 3D NVH Composer	Модуль Simcenter 3D FE Model Correlation	Модуль Simcenter 3D FE Model Updating	Модуль Simcenter Nastran Dynamic Response	Пакет Simcenter Nastran Advanced Dynamics	Модуль Simcenter Nastran DMP	Модуль Simcenter Nastran Rotor Dynamics	Пакет Simcenter Samcel Rotor
Модели подшипников	Пружины, амортизаторы и втулки										•	•
	Подшипники скольжения										•	•
	Гидродинамические подшипники											•
	Подшипники качения											•
	Зубчатые передачи											•
	Магнитные подшипники (с цифровым контроллером)											•
	Демпфирование в сжатой пленке											•
Анализ динамики тела вращения	Построение диаграмм Кэмпбелла и анализ устойчивости										•	•
	Модальный анализ (нормальный и комплексный)										•	•
	Гармонический отклик										•	•
	Линейный отклик в переходном режиме										•	•
	Нелинейный отклик в переходном режиме											•
	Прямые или модальные расчеты										•	•
Корреляция												
Подготовка к испытаниям. Корреляция результатов расчетов и испытаний	Подготовка к испытаниям					•						
	Сопоставление испытательной модели с геометрической					•						
	Корреляция результатов испытаний и расчетов, а также двух расчетов					•						
	Модальная корреляция (по критерию модальной достоверности, координатной модальной сходимости, проверка взаимной ортогональности и пр.)					•						
	Корреляция АЧХ					•						
	Локальные системы координат					•						
	Попарное сравнение форм колебаний, в том числе визуальное					•						
	Корреляция с данными из Simcenter Testlab					•						
Обновление моделей	Задание параметров конструкции						•					
	Отдельный модуль обновления моделей DESOPT 200						•					
	Чувствительность параметров модели						•					
	Частоты и формы колебаний (критерий модальной достоверности, проверка взаимной ортогональности)						•					
	Встроенный решатель собственных значений						•					
	Алгоритмы многокритериальной оптимизации						•					
	Обновление конечноэлементных моделей						•					
	Обновление моделей в Simcenter Nastran						•					

Примечание: Наличие лицензии на Simcenter 3D Engineering Desktop является минимальным предварительным требованием для работы всех продуктов линейки Simcenter 3D. Отдельные модули могут потребовать наличия и другого программного обеспечения.

SIEMENS

Ingenuity for life

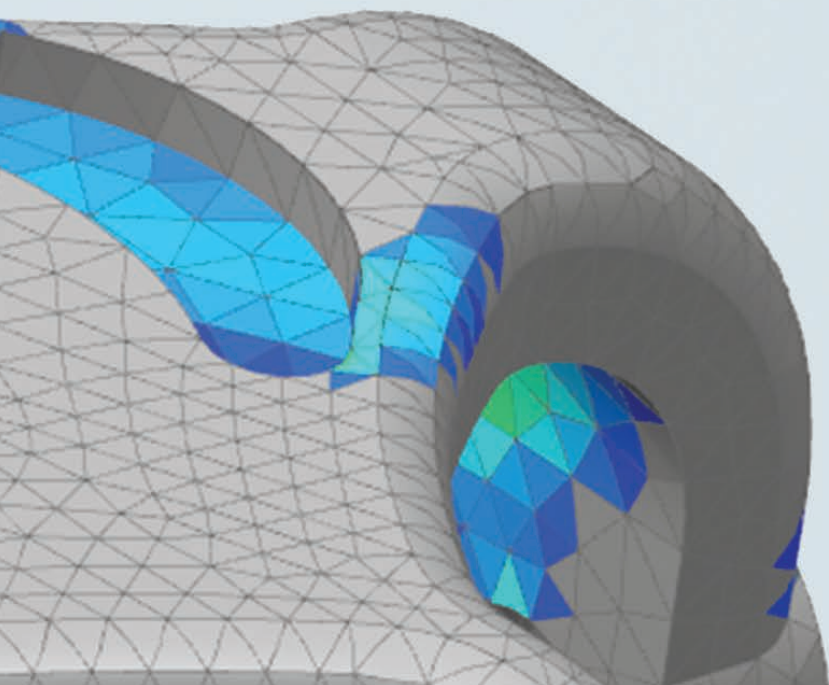


Siemens Digital Industries Software

Расчеты долговечности конструкций в Simcenter 3D

Углубленный анализ усталостной прочности
и срока службы изделий

[siemens.com/simcenter3d](https://www.siemens.com/simcenter3d)



Преимущества решения

- Исследование различных проектных решений и оптимизация конструкции по критерию прочности и усталостного ресурса
- Быстрая и точная оценка ресурса по усталостной прочности с учетом реальных эксплуатационных нагрузок
- Быстрый анализ важнейших параметров долговечности
- Точные расчеты долговечности сложных соединений и сварных швов
- Прогнозирование нагрузок на компоненты и оптимизация усталостной прочности на уровне систем на основании расчета траекторий передачи нагрузок
- Поддержка самых современных материалов и технологических процессов с использованием самых точных методов расчета усталостной прочности

В Simcenter™ 3D есть набор специализированных инструментов для проектирования изделий с учетом усталостной прочности, применяемых на всех этапах разработки. Имеются удобные мастер-процессы для расчета прочности и усталостного ресурса деталей на этапе проектирования, углубленный анализ сложных сценариев нагружения, включая расчеты сварных швов и других видов соединений, поддержка новых материалов и производственных процессов.

Передовой способ прогнозирования прочности и усталостного ресурса изделия

Из-за сокращения сроков разработки и возрастающих требований к качеству оценка долговечности изделий на основе испытаний становится недостаточной. Единственная разумная альтернатива — оценка и совершенствование характеристик долговечности с использованием численного моделирования. В модулях расчета долговечности в системе Simcenter 3D от Siemens Digital Industries Software реализованы самые современные методики. При этом инженеры интерактивно указывают прикладываемые к модели нагрузки. Наше решение выполняет эффективные расчеты сварных швов и точечной сварки. Кроме того, имеются новые методики расчета композиционных материалов.

Выявление недостатка или избытка материала в деталях

Анализ нагрузок, приложенных к важнейшим участкам детали, и оптимизация пути передачи сил от точек приложения позволяет получить наилучшую геометрию в критически важных областях, а не просто усиливать их.

Расчеты долговечности конструкций в Simcenter 3D

Повышение эффективности и безопасности натурных испытаний

Испытания на виртуальных стендах помогают оценить влияние отдельных нагрузок на повреждения деталей и узлов. При этом можно задавать собственные сценарии приложения нагрузок на каждую деталь, что сокращает сроки испытаний.

Учет технологичности и собираемости изделия при анализе долговечности

Новые материалы и технологические процессы нередко оказывают существенное влияние на усталостную прочность. В Simcenter 3D технология изготовления изделия учитывается при анализе долговечности.

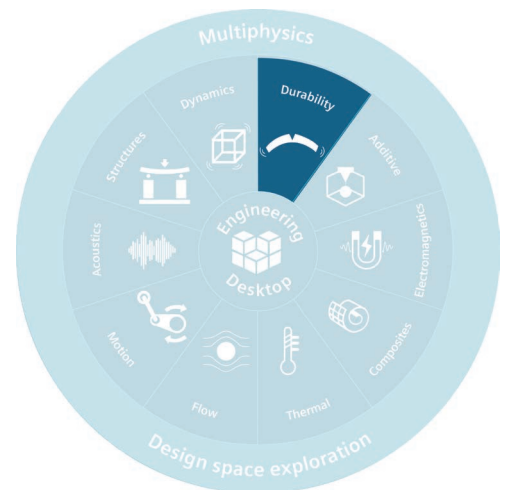
Отличная конструкция — с первой попытки

Для эффективного выполнения анализа усталостной прочности модули используют следующую информацию:

- Результаты испытаний — нагрузки и прочая информация;
- Результаты расчетов, в частности — расчетов нескольких тел и конечноэлементных расчетов цифрового двойника
- Самые современные методы расчета усталостной прочности
- Специализированные средства постпроцессинга результатов расчетов усталостной прочности

Платформа для мультидисциплинарных расчетов

Решения Simcenter 3D для оценки долговечности изделий являются частью интегрированной междисциплинарной среды численного моделирования, основой которой является Simcenter 3D Engineering Desktop — централизованная платформа пре- и постпроцессинга для всех решений линейки Simcenter 3D. Интегрированная среда ускоряет инженерные расчеты и упрощает междисциплинарное численное моделирование, когда оценка срока службы выполняется совместно с решением других задач. Например, это прочностные расчеты, расчеты нагрузок при кинематическом моделировании, прогнозирование нелинейного поведения композитных материалов с короткими или длинными волокнами и тесная интеграция с инструментами проектирования безопасно повреждаемой конструкции.



Нагрузки	Создание цифрового двойника испытательного стенда	Виртуальные испытания	Углубленный анализ
Измерения 	Расчет напряжений 	Свойства материалов 	Оценка усталостных повреждений
Расчеты 	Нагрузки Рабочие циклы 	Быстрый выбор методик расчетов и задание параметров 	Почему и когда происходят повреждения

Варианты применения

Аэрокосмическая и оборонная промышленность

Simcenter 3D прогнозирует усталостный ресурс таких механических систем, как шасси, системы управления, направляющие предкрылков и другие критически важные сборки. Во всех сочетаниях местных нагрузжений выявляются локальные концентраторы напряжений, что позволяет успешно решать проблемы с долговечностью задолго до изготовления опытных образцов. Широкий выбор методов помогает выявлять слабые места в конструкции и оценивать ее усталостный ресурс.

Автомобилестроение и транспорт

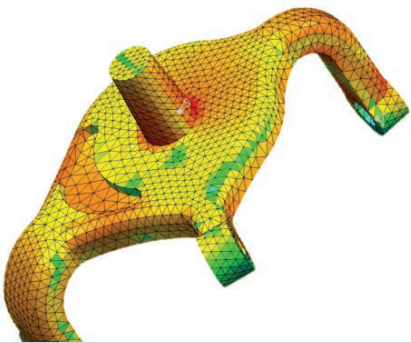
Simcenter 3D дополняет оценку ресурса рам и панелей кузова, поперечных балок и дверей, люков в крыше и замков. Модуль Simcenter 3D Durability с высокой точностью выполняет расчеты сварных швов и точечной сварки. Современные методы численного моделирования прогнозируют долговечность двигателей, деталей трансмиссий, кронштейнов крепления двигателя, звездочек цепных приводов и выхлопных систем.

Технологическое оборудование

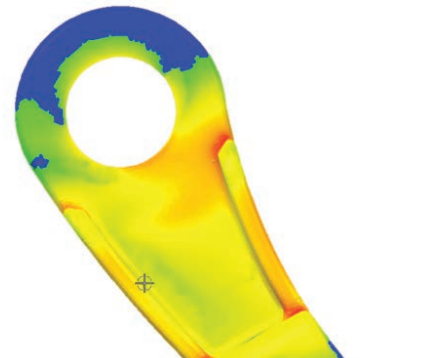
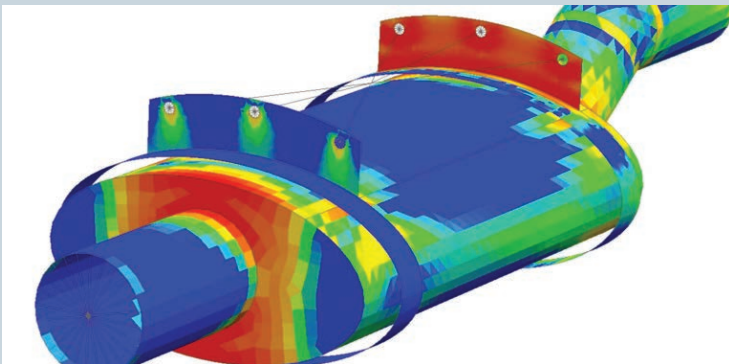
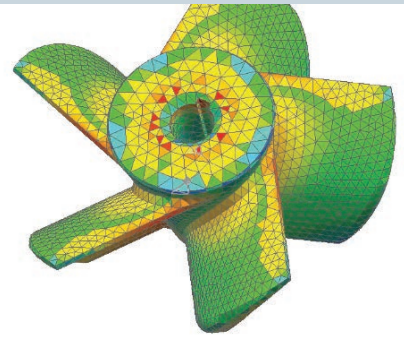
Экономическая эффективность технологического оборудования зависит от ресурса важнейших компонентов, которые как правило подвержены большим динамическим нагрузкам сразу по нескольким направлениям. Выполняется эффективная оптимизация металлических деталей, подверженных циклической динамической нагрузке. Кроме того, модуль Simcenter 3D Durability рассчитывает ресурс крупных вращающихся узлов.

Судостроение

Модуль Simcenter 3D Specialist Durability Connection Modeling позволяет создать цифровой двойник многих километров сварных швов в корпусе судна. Модуль Simcenter 3D Specialist Durability Composite Fatigue выполняет самые сложные расчеты при проектировании современных яхт из композиционных материалов.

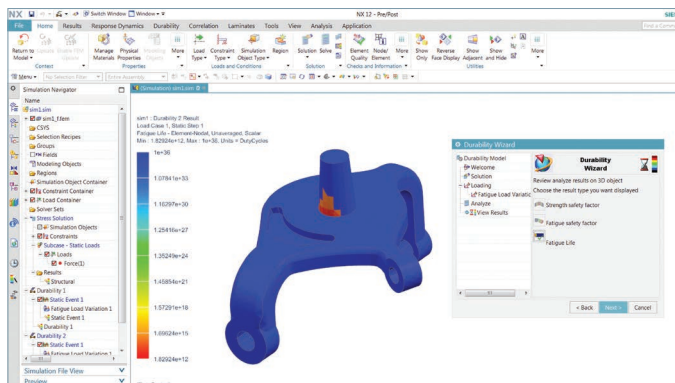
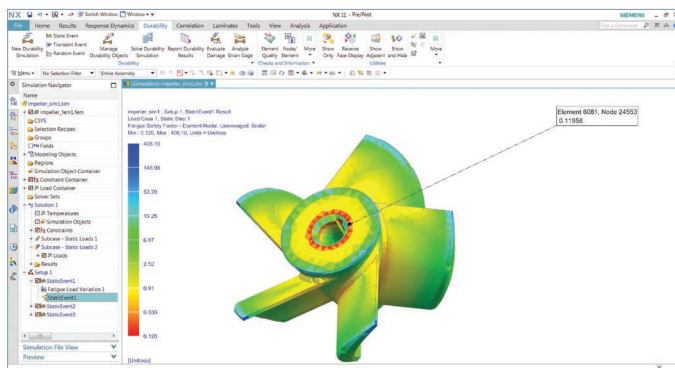


Статические нагрузки
Нагрузки в переходном режиме
Случайные нагрузки
Долговечность
тензодатчиков



Мастер Simcenter 3D Durability

Мастер Simcenter 3D Durability предназначен для оценки усталостного ресурса механических систем, подверженных циклической нагрузке. Этот мастер запускается после расчета напряженно-деформированного состояния при статической нагрузке в конечноэлементном решателе. Применяемые алгоритмы расчета усталостной прочности основаны на анализе зарождения трещин.



Преимущества модуля

- Повышение эффективности путем прогнозирования срока службы конструкций и выявления участков деталей с избыточным или недостаточным объемом материала
- Сокращение расходов на натурные испытания: срок службы изделий оценивается в виртуальной среде
- Ускорение разработки изделий благодаря быстрому проведению анализов вида «что если»
- Выявление влияния вносимых конструкторских изменений на срок службы изделия

Основные характеристики

- Мастер расчета механических напряжений в NX™, решатели Simcenter Nastran®, MSC Nastran, Abaqus и ANSYS выполняют анализ долговечности на основе результатов линейных расчетов статических напряжений и деформаций
- Описание циклических нагрузок за весь срок службы детали
- Расчет статических и усталостных запасов прочности, а также усталостного ресурса
- Применяемые критерии расчета усталостной прочности: уравнение Смита-Уотсона-Топпера, расчет срока службы по механическим напряжениям или деформациям
- Отображение графиков статических и усталостных запасов прочности, а также ресурса по усталостной прочности
- Подготовка отчетов о техническом сроке службы изделия

Worksheet: Durability - Information - Microsoft Excel			
	A	B	C
1	Durability 2		
2	Fatigue Load Variations		
3	Load Variation	Number of Cycles	Scaling Factor
4	Fatigue Load Variation 1	7000	7.000000
5			Full Unit Cycle
6			
7	Fatigue Analysis Options		
8	Evaluation Type	Options	
9	Stress Safety Factors	Ultimate	
10		Von_Mises	
11	Fatigue Life	Number of Fatigue Duty Cycles: 1e+20	
12		Fatigue Strength Factor: 1	
13		Smith_Watson_Topper	
14	Results		
15	Coordinate System	Absolute Rectangular	
16	Load Case 1: Number of Iterations = 1		
17		Strength Safety Factor(Unitless)	Fatigue Safety Factor(Unitless)
18	Iteration 1	1.18E+05	4.96E+03
19	Min	1.60E+01	2.09E-01
20			
21			

Модуль Simcenter 3D Advanced Durability

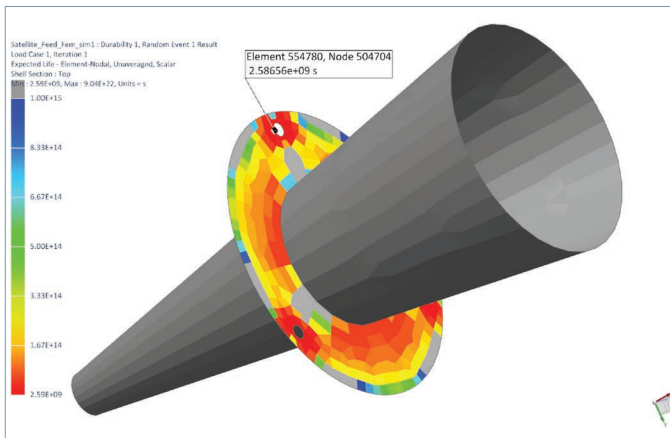
Модуль Simcenter 3D Advanced Durability позволяет оценить прочность изделия на протяжении всего срока службы в простых и сложных условиях нагружения. Опытные расчетчики применяют данный модуль для углубленного анализа усталостной прочности и расчета срока службы в решателях Simcenter Nastran, Simcenter 3D Response Dynamics, MSC Nastran, ANSYS и Abaqus. Для оценки усталостной прочности используется анализ зарождения трещин. Поддерживаются разнообразные критерии оценки срока службы — на основе усредненных напряжений, с учетом влияний надрезов, эффектов упрочнения и двухосных напряжений. Выводятся графики прочностных и усталостных запасов прочности, ресурса по усталостной прочности и оценки усталостных повреждений.

Преимущества модуля

- Экономия времени при проведении исследований вида «что если»
- Повышение эффективности конструкции на основе оценки срока службы
- Сокращение расходов на натурные испытания: срок службы изделий оценивается в виртуальной среде

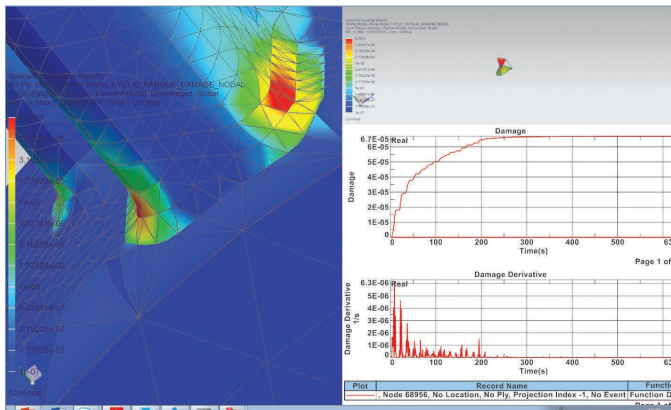
Основные характеристики

- Интеграция с Simcenter 3D обеспечивает ассоциативность геометрии, что позволяет быстро оценивать влияние вносимых в конструкцию изменений на срок службы
- Использование стандартных критериев ресурса, учет направлений действия напряжений, влияния средних напряжений, влияний надрезов, соотношений «напряжение — деформация» при циклической нагрузке, расчет схем циклических нагружений «методом дождя»
- Учет статических нагрузок, переходных процессов (включая гибкие тела) и случайных воздействий
- Долговечность тензодатчиков



Модуль Simcenter 3D Specialist Durability Modeling

Модуль Simcenter 3D Specialist Durability Modeling содержит большой набор интуитивно понятных инструментов для подготовки расчетов, отправки заданий в решатель и постпроцессинга результатов расчета срока службы. Модуль выполняет подготовку расчетов сложных сценариев оценки срока службы на основе различных сочетаний нагрузок и результатов анализа методом конечных элементов. Предусмотрены стандартные и пользовательские параметры расчета срока службы.

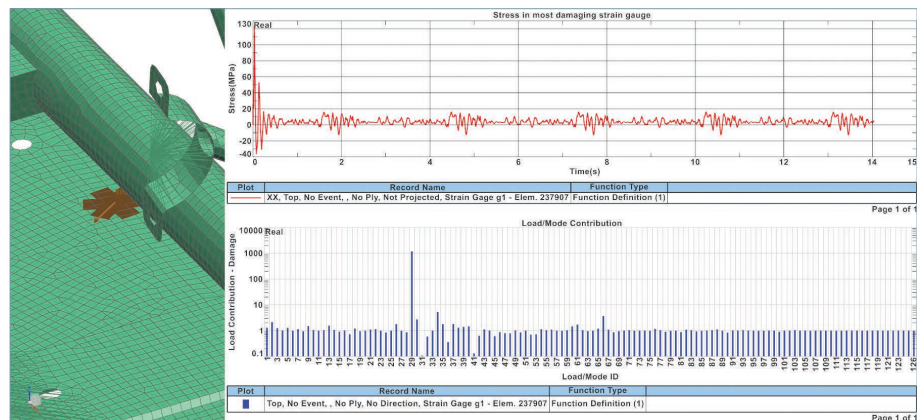
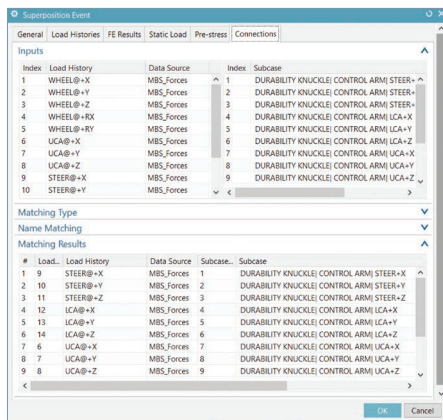
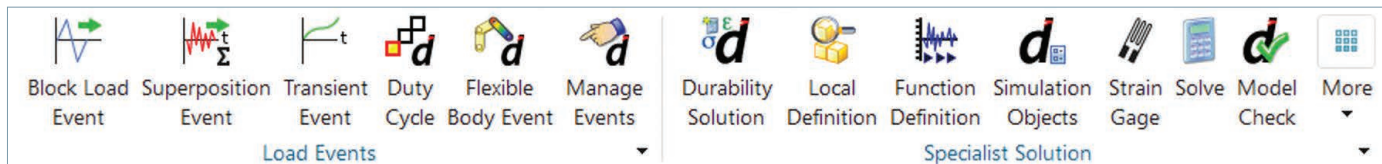


Преимущества модуля

- Интуитивно понятная и гибкая настройка параметров
- Быстрое выявление критических с точки зрения усталостной прочности участков и вариантов нагружения при работе по сложным рабочим циклам
- Выявление причин недостаточной усталостной прочности

Основные характеристики

- Управляемые параметрами расчеты, профили решателей и объекты для численного моделирования срока службы
- Непосредственный импорт экспериментально определенных нагрузок на детали и узлы либо нагрузок, рассчитанных при анализе нескольких тел в Simcenter 3D либо других системах (формат «время-показание»)
- Интеграция с системой Simcenter Testlab™ для выбора вариантов нагружения при расчете срока службы
- Расчет сложных рабочих циклов сборок и соединений деталей, включая сварные швы и точечную сварку
- Специализированные инструменты 2D- и 3D- постпроцессинга



Решатель Simcenter 3D Specialist Durability

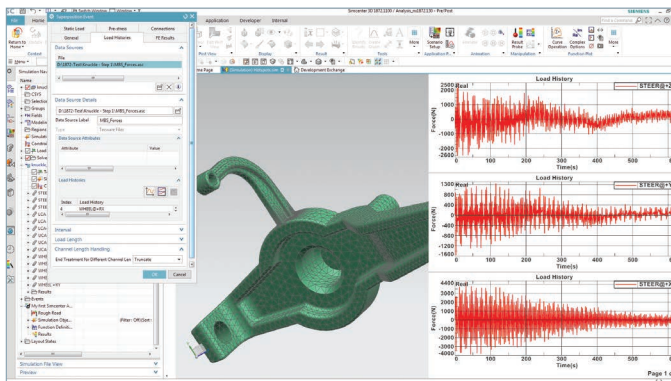
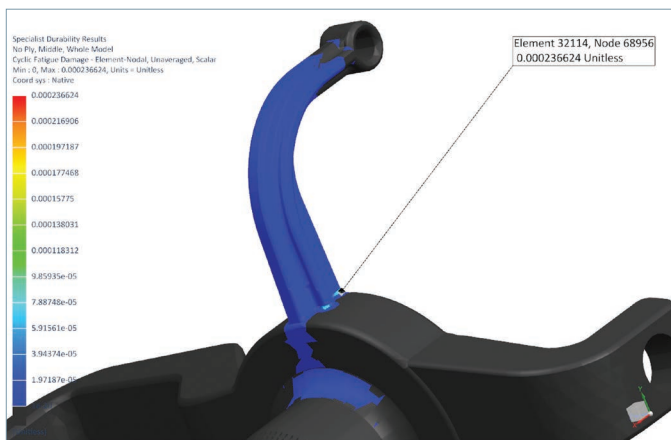
Simcenter 3D Specialist Durability — основной специализированный решатель для анализа усталостной прочности. Решатель запускается как на рабочем компьютере пользователя, так и отдельно в пакетном режиме. Поддерживаются все стандартные методики расчета срока службы. Уникальная открытая архитектура модуля обеспечивает удобное добавление пользовательских методик оценки усталостной прочности.

Преимущества модуля

- Сокращение сроков расчета усталостной прочности
- Быстрое и точное прогнозирование ресурса по условиям усталостной прочности при достоверных условиях нагружения
- Исследование различных вариантов проектных решений и оптимизация конструкции по критерию усталостного ресурса

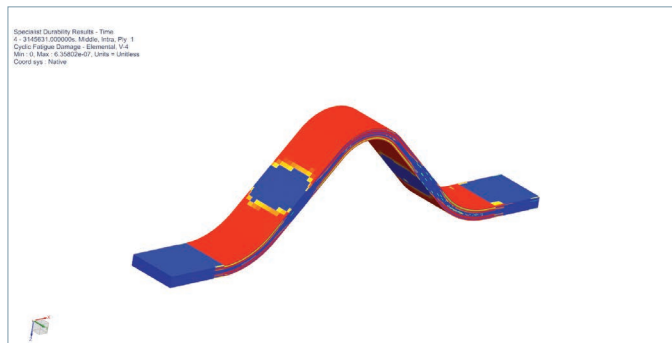
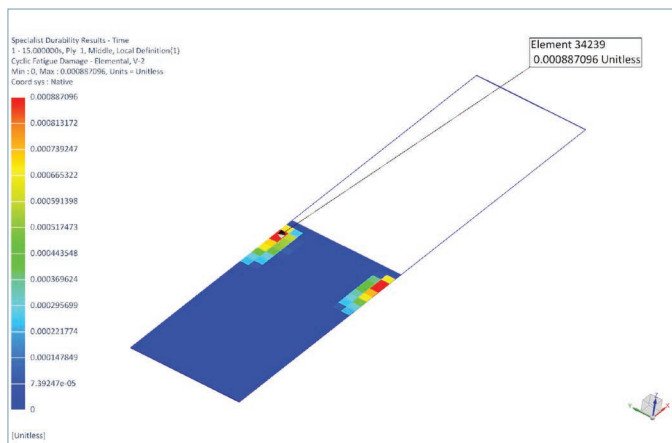
Основные характеристики

- Стандартный решатель задач определения усталостного ресурса с проверенными на практике точностью и эффективностью
- Стандартная лицензия включает поддержку параллельных вычислений
- Реализованы все стандартные методы расчета
- Интерфейс для добавления уникальных пользовательских методик расчета
- Работа в пакетном режиме



Модуль Simcenter 3D Specialist Durability Composite Fatigue

В модуле Simcenter 3D Specialist Durability Composite Fatigue реализован уникальный алгоритм расчета композитных материалов с короткими и непрерывными волокнами. Учитываются снижение прочности и перераспределение напряжений в течение срока службы композитного материала при воздействии сложных нагружений. Новые технологии снижают трудоемкость подбора параметров методик расчета.



Преимущества модуля

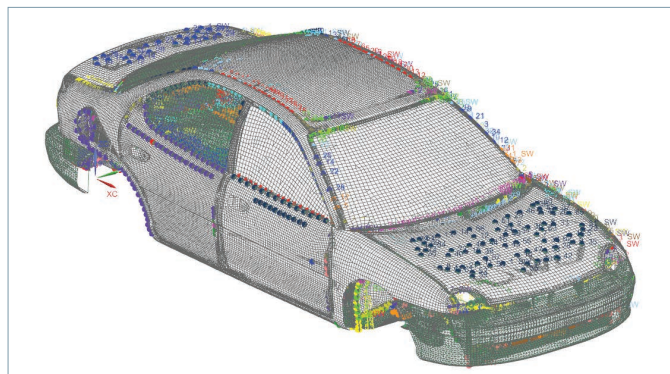
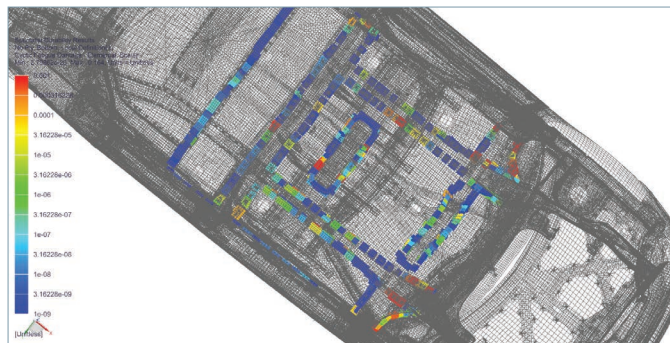
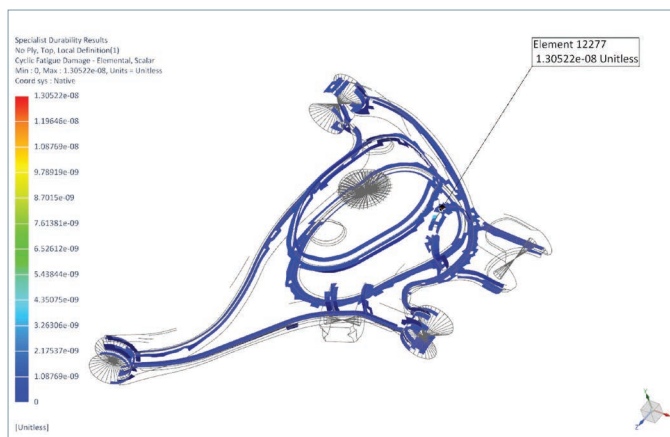
- Выявление характеристик постепенно развивающихся повреждений в композиционных материалах
- Проектирование дефектоустойчивых конструкций
- Прогнозирование усталостных повреждений композиционных материалов
- Идентификация параметров процессов

Основные характеристики

- Уникальный процесс расчета, учитывающий снижение прочности и перераспределение напряжений в течение срока службы
- Нагрузки переменной величины, многоосевые нагружения
- Моделирование усталостной прочности многослойных материалов без проведения испытаний
- Использование S-N-кривой при расчете композиционных материалов с произвольной ориентацией коротких волокон
- Методы расчета слоев и межслойных промежутков в композиционных материалах с непрерывными волокнами
- Интеграция с моделями непрерывных разрушений, расчет в решателях Simcenter Samcef®
- Пользовательские методики расчета, учитывающие снижение прочности и перераспределение напряжений в течение всего срока службы

Модуль Simcenter 3D Specialist Durability for Connections

Модуль Simcenter 3D Specialist Durability for Connections для подготовки и проведения специализированных расчетов сварных швов и точечной сварки. Описания сварных швов берутся из моделей, созданных в Simcenter 3D и представленных в формате xMCF, либо распознаются на конечноэлементных сетках. Задание нагрузок и расчеты выполняются теми же инструментами, что и в модуле Simcenter 3D Specialist Durability Modeling. Допускается совмещение обоих модулей в одном расчете.



Преимущества модуля

- Полнофункциональное решение для прогнозирования усталостной прочности сварных швов и точечной сварки при воздействии произвольных нагрузок
- Самое точное прогнозирование усталостной прочности сварных швов без необходимости повторного построения моделей
- Повышение производительности труда благодаря автоматическому распознаванию топологии сварных соединений
- Эффективные расчеты сварных соединений с произвольным количеством и размерами швов
- Эффективное использование как традиционных, так и более точных методик расчета на одной и той же модели
- Оценка усталостной прочности большого числа вариантов сварных соединений за меньшее время
- Повышение качества испытаний сварных соединений на усталостную прочность

Основные характеристики

- Инновационные алгоритмы расчета: автоматическое распознавание геометрии сварных швов в конечноэлементных моделях и группах моделей с учетом типа шва, глубины проплавления и толщины листа
- Конечноэлементные расчеты типовых сварных швов и соединений точечной сваркой
- Учет всех видов нагружений: переменных, случайных, гармонических, пропорциональных, непропорциональных и изменяющихся во времени
- Специальные инструменты для расчета сварных швов: Не зависящий от конечноэлементной сетки метод расчета напряжений в надрезах (R1MS, R03MS, R005MS), включая учет влияния пазов (метод напряжения пазов) по микроструктурной длине ρ^*
- Пользовательские методы расчета имеют доступ ко всем параметрам сварных швов

Таблица функциональных возможностей

Общие функции	Дополнительные функции	Мастер Simcenter 3D Durability	Модуль Simcenter3D Advanced Durability	Модуль Simcenter 3D Specialist Durability Modeling	Решение Simcenter 3D Specialist Durability	Модуль Simcenter 3D Specialist Durability Composite Fatigue	Модуль Simcenter 3D Specialist Durability for Connections
Нагрузки и напряжения	Нагрузки из Simcenter Testlab			•	•	•	•
	Загрузка данных из файлов стандартных форматов с результатами испытаний (IST, MSC, EDAS,...)			•	•	•	•
	Нагрузки из Simcenter 3D Motion		•	•	•	•	•
	Результаты конечноэлементных расчетов (Simcenter Nastran, Simcenter Samcef, ABAQUS, ANSYS, универсальный формат)	•	•	•	•	•	•
	События блокировки нагрузки	•	•	•	•	•	•
	События суперпозиции (неограниченное число вариантов нагружения, автоматическое сопоставление)			•	•	•	•
	Переходные события (редактор для выбора приращений, изменение порядка, обратный порядок)		•	•	•	•	•
	Учет предварительного напряжения и статических нагрузок		•	•	•	•	•
	События гибких тел (прямой расчет в модуле Simcenter3D Motion Flexible Body)			•	•	•	•
	События рабочего цикла			•	•	•	•
	Задание рабочего цикла на основе таблиц			•			
	Воздействия случайных вибраций		•	•	•		•
Материалы	База данных свойств материалов в Simcenter3D	•	•	•	•	•	•
	Создание комплектов свойства материалов на основе существующих моделей (UML, универсальные кривые, ...)			•			
	Назначение различных материалов отдельным выбранным группам	•	•	•			
	Стандарты сварки (IIW, Eurocode, BS, ...)		•	•			
	Базы данных параметров долговечности		•	•			
Подготовка расчетов	Непосредственно на основе расчета методом конечных элементов	•	•	•			
	Наследование или замена свойств материалов	•	•	•			
	Базы данных параметров			•			
	Пользовательские методики расчетов: единое описание методики и параметров			•			
Методики расчета усталостной прочности и решатели	Многоцикловая усталостная прочность, определение ресурса по напряжениям	•	•	•	•		
	Малоцикловая усталостная прочность, определение ресурса по деформациям	•	•	•	•		
	Неограниченная долговечность, расчет запаса прочности	•	•	•	•		
	Пользовательские методы расчета усталостной прочности			•	•		
	Статический расчет сварных соединений		•				•
	Расчет сварных соединений методом анализа напряжений в надрезах (с учетом степени влияния надреза)						•
	Расчет точечных сварных соединений на основе напряжений						•
	Статический расчет сварных соединений на основе усилий						•
	Пользовательские методы расчета сварных соединений						•
	Различные методы расчета влияния средних напряжений		•	•	•	•	•
	Расчет усталостной прочности при многоосевых нагрузках		•	•	•	•	•
	Краевые эффекты и влияние надрезов, корректировка градиента напряжения		•	•	•	•	•
	Локальные параметры (карта свойств материалов и параметров)			•	•		
	Методики расчета усталостной прочности под поверхностью			•	•		
	Оценка вероятности разрушения по пользовательским методикам на основе характеристик материала			•	•		•
	Правила накопления повреждений (линейные)		•	•	•	•	
	Композиты, армированные коротким волокном (расчет по S-N-кривой)					•	
	Моделирование межслойной усталостной прочности в композиционных материалах с непрерывными волокнами (однонаправленные, плетеные и пр.)		•			•	

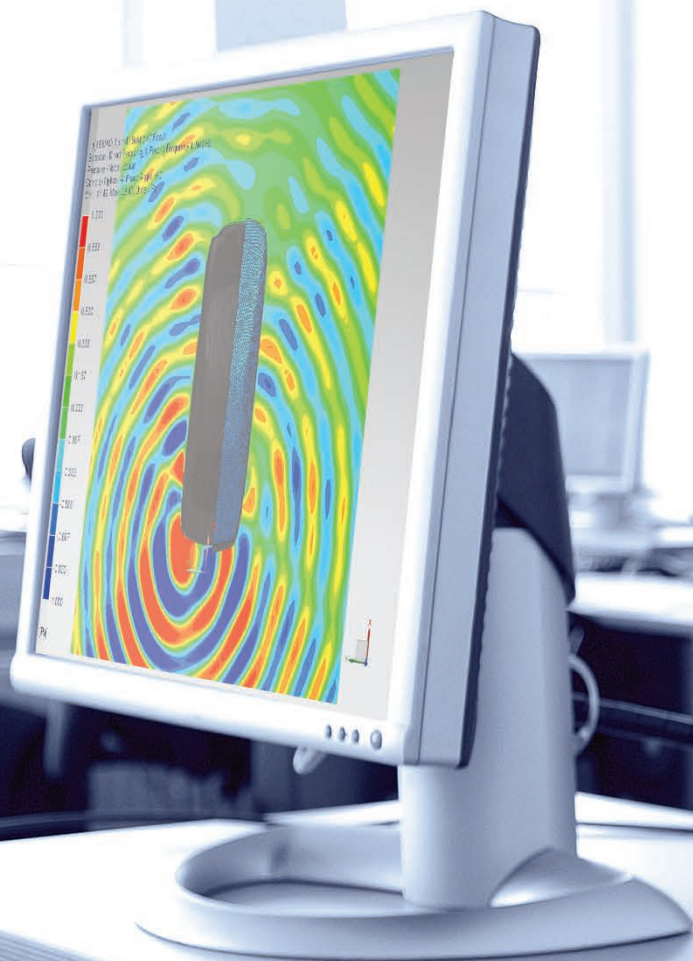
Общие функции	Дополнительные функции	Мастер Simcenter 3D Durability	Модуль Simcenter 3D Advanced Durability	Модуль Simcenter 3D Specialist Durability Modeling	Решение Simcenter 3D Specialist Durability	Модуль Simcenter 3D Specialist Durability Composite Fatigue	Модуль Simcenter 3D Specialist Durability for Connections
Методики расчета усталостной прочности решатели (продолжение)	Моделирование усталостной прочности слоев в композитных материалах с непрерывными волокнами (однонаправленные, плетеные и пр.)					•	
	Автоматическое выполнение итераций конечноэлементных расчетов для учета изменений глобальной жесткости					•	
	Аккумуляция произвольных повреждений					•	
	Пользовательские правила учета повреждений в композиционных материалах					•	
	Параллельные расчеты (на локальном и сетевом компьютерах)			•	•	•	•
	Применение различных методик (например, определение ресурса по напряжениям и расчет сварных соединений) в различных местах (группах) в рамках одного расчета		•	•	•	•	•
	Различные методики расчета (например, с разными параметрами) в различных группах в рамках одного расчета			•	•	•	•
Постпроцессинг	Расчет повреждений и срока службы	•	•	•	•	•	•
	Углубленный анализ напряжений (минимальное, максимальное, среднее значения)		•	•	•	•	•
	Расчет пробега и реального срока службы			•	•	•	•
	Оценка влияния проектных решений на срок службы			•	•	•	•
	Расчет запасов прочности	•	•	•	•	•	•
	Отдельно по группам		•	•			
	Отдельно по событиям и рабочим циклам			•			
	Для промежуточных шагов по времени			•		•	
	Выявление точек перегрузки			•			
	Углубленный функциональный анализ по показаниям тензодатчиков в отдельных узлах/элементах		•	•			
	функциональный анализ во всех критических плоскостях			•			
	Расчет накопления повреждений во времени			•			
	Анализ вклада нагрузок			•			

Обозначения:

• = выполняется самим модулем

Примечание: Наличие лицензии на Simcenter 3D Engineering Desktop является минимальным предварительным требованием для работы всех продуктов линейки Simcenter 3D. Отдельные модули могут потребовать наличия и другого программного обеспечения.

SIEMENS
Ingenuity for life



Siemens Digital Industries Software

Численное моделирование
акустических явлений в
Simcenter 3D

Оптимизация качества звука

siemens.com/simcenter3d

FEMAO f_sim1 : Solution 2 Result
bcase - Direct Frequency 1, Forcing Frequency 1, 500 Hz
Pressure - Nodal, Scalar
Complex Option : At Phase Angle 0.0
Min : -11.49, Max : 38.47, Units = Pa

Преимущества решения

- Ускорение разработки сложных моделей для расчета акустических явлений на основе конечноэлементной сетки для прочностных расчетов, CAD-моделей или с нуля
- Наличие быстрых и эффективных решателей, использующих метод конечных и граничных элементов для быстрого проведения акустических расчетов
- Эффективное решение задач акустики, виброакустики и вызванного потоками шума в едином интерфейсе
- Численное моделирование акустических характеристик — внутри изделия, снаружи и смешанных
- Ускорение акустических расчетов на разных частотах вращения с учетом шума двигателей, редукторов и вращающихся узлов
- Выполнение реалистичных акустических расчетов: беззховые граничные условия, расчеты свойств пористых отделочных материалов (жесткие и гибкие каркасы), акустических источников и др.

Simcenter™ 3D — это полнофункциональное решение по снижению уровня шума и оптимизации качества звука в различных изделиях. Специализированные инструменты акустического моделирования, эффективные решатели и удобное визуальное представление результатов помогают быстро оценить акустические характеристики конструкции, проводя несвязанные акустические, комбинированные виброакустические и аэроакустические расчеты.

Ускорение моделирования и построения конечноэлементных сеток при проведении акустических расчетов

Такие функции, как свертка поверхностей, нанесение КЭ-сетки на выпуклую поверхность, локальное увеличение толщины сетки и создание гибридных сеток (с гексагональными и тетраэдральными элементами) помогают создавать сетки для акустических расчетов быстрее, чем при использовании традиционных препроцессоров. Имеются различные модели материалов — как конструкционных, так жидкостей, а также широкий выбор прочностных и акустических граничных условий нагрузок. Все это позволяет эффективно подготавливать расчеты.

Максимально эффективное выполнение точных виброакустических расчетов

Simcenter 3D повышает точность расчетов: нагрузки и источники колебаний создаются на основе экспериментальных данных и ранее выполненных гидрогазодинамических расчетов и численного моделирования нескольких тел. Simcenter Nastran® быстро решает самые сложные задачи внешней и внутренней акустики. Среди его ключевых функций — технологии

Численное моделирование акустических явлений в Simcenter 3D

автоматически согласуемого слоя (AML) и построение конечноэлементных сеток с адаптируемым порядком (FEMAO). Они позволяют разбивать потоки жидкостей и газов на небольшие сетки с оптимальным числом степеней свободы на каждой конкретной частоте колебаний.

Сокращение итераций между проектированием и расчетами при помощи ассоциативной связи CAD — CAE — испытания

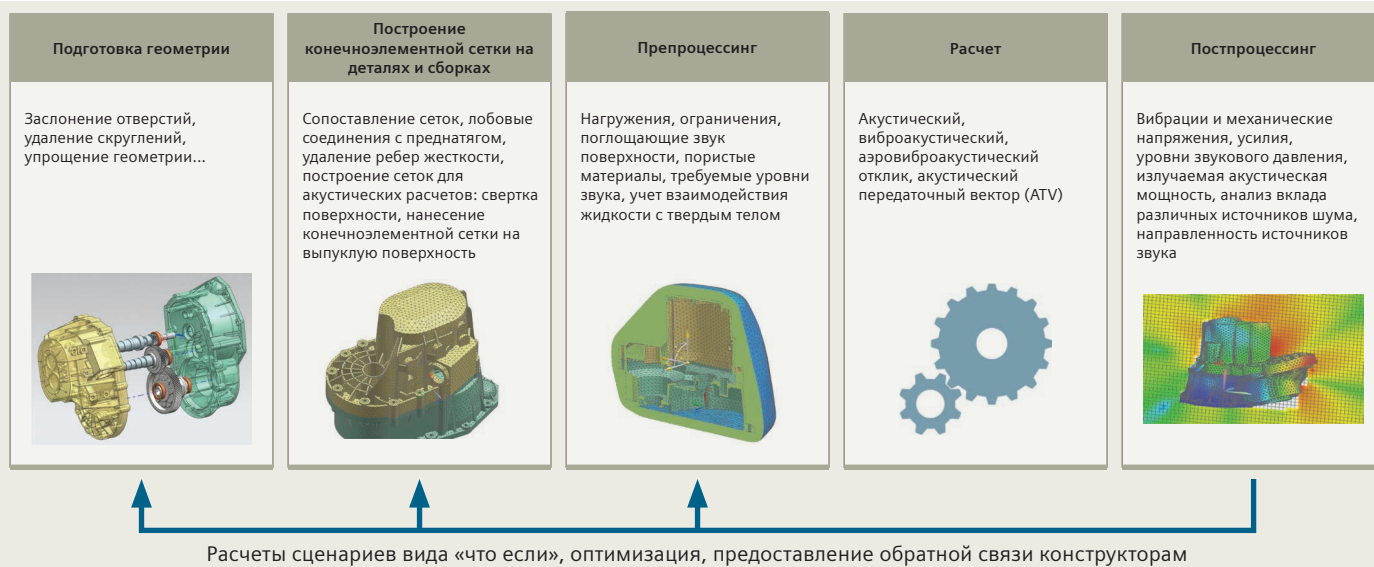
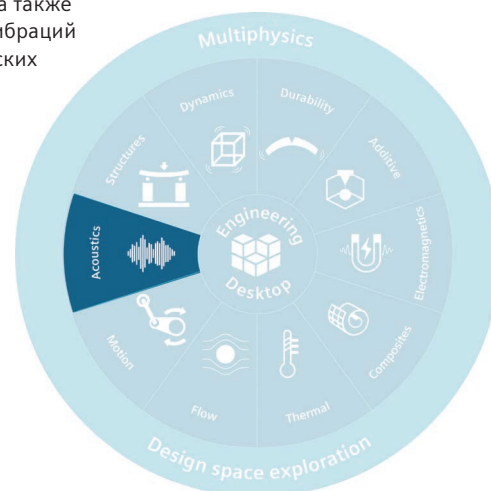
Simcenter 3D связывает этапы автоматизированного проектирования (CAD), инженерного анализа (CAE) и даже испытаний. Изменения в конструкции легко переносятся в модели для расчета прочности и (или) акустических явлений, что позволяет избежать многочисленных преобразований между различными форматами файлов, а также повторного создания моделей.

Быстрая оценка характеристик изделия с использованием специализированных функций постпроцессинга результатов акустических расчетов

В Simcenter 3D имеются интуитивно понятные средства постпроцессинга, в максимально удобной форме представляющие такие результаты акустических расчетов, как уровень звукового давления, акустическая мощность и направленность источника звука. Расчет траектории передачи шума, модального вклада и вклада панелей помогает быстро выявлять основные источники шума и пути его распространения.

Платформа для мультидисциплинарных расчетов

Решения Simcenter 3D для акустических расчетов являются частью интегрированной междисциплинарной среды численного моделирования, основой которой является Simcenter 3D Engineering Desktop — централизованная платформа пре- и постпроцессинга для всех решений линейки Simcenter 3D. Интегрированная среда ускоряет процессы инженерных расчетов и упрощает междисциплинарное численное моделирование, когда оценка акустических характеристик выполняется совместно с решением других задач. Например, это анализ шумов в зубчатых передачах, выполняемый в ходе кинематического моделирования, а также анализ шумов, вибраций и виброакустических явлений, для проведения которого необходимо знать нагрузки на конструкцию, в том числе — от потоков жидкостей и газов.



Варианты применения

Поскольку шум вреден для здоровья, а чем тише работает изделие, тем более качественным оно воспринимается, предприятия внедряют эффективные процессы и инструменты оптимизации акустических характеристик продукции.

Аэрокосмическая и оборонная промышленность

Используя Simcenter 3D, авиационные инженеры прогнозируют уровень шума в салоне, вызванный действием турбулентного пограничного слоя на фюзеляже, или уровень аэроакустического шума системы контроля окружающей среды летательного аппарата. Внешний шум рассчитывается методом граничных элементов и методом конечных элементов. Разработчики космических аппаратов и оборудования снижают риски при проведении акустических испытаний, заменяя их виртуальными испытаниями в Simcenter 3D.

Автомобилестроение и транспорт

При разработке и совершенствовании автомобилей Simcenter 3D помогает специалистам по шумам и вибрациям получить важнейшую информацию об источниках шумах, а также акустических, виброакустических и аэроакустических характеристиках в салоне и снаружи транспортного средства.

Потребительские товары

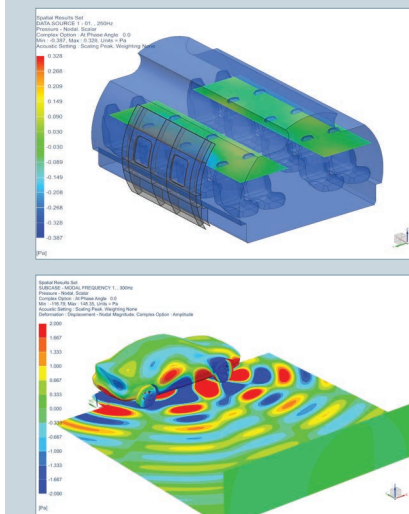
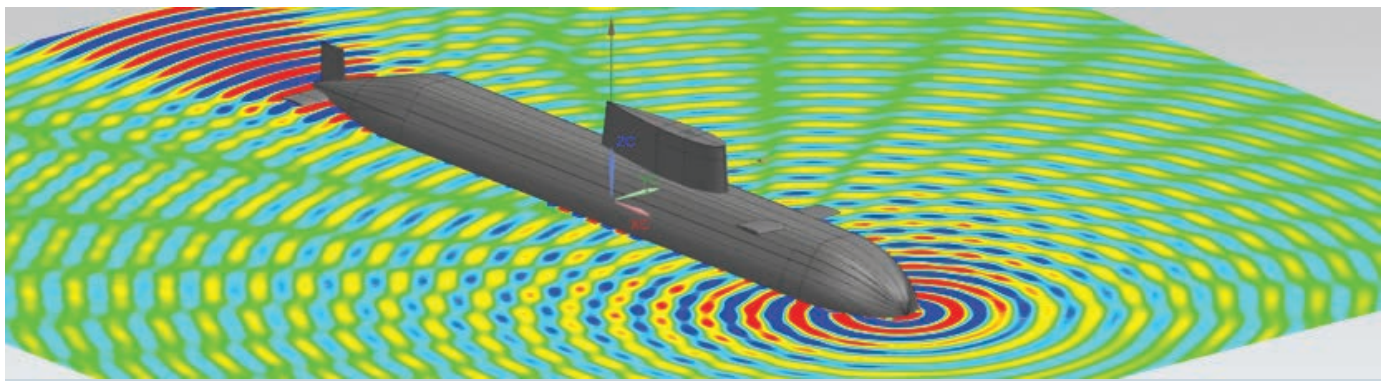
Для создания мощных и высококачественных динамиков, бесшумных пылесосов, стиральных машин и других видов бытовой техники требуется выполнение сложных акустических расчетов и оценки качества звука в Simcenter 3D.

Технологическое оборудование

Модули акустических расчетов в Simcenter 3D оценивают создаваемый станками шум, в том числе с учетом влияния защитных кожухов.

Судостроение

Акустические расчеты Simcenter 3D позволяют исследовать сложные явления подводного излучения шума корпусом и винтами, а также отражение подводных сигналов гидролокатора от корпуса.



Акустические характеристики
несущих конструкций

Аэровиброакустика

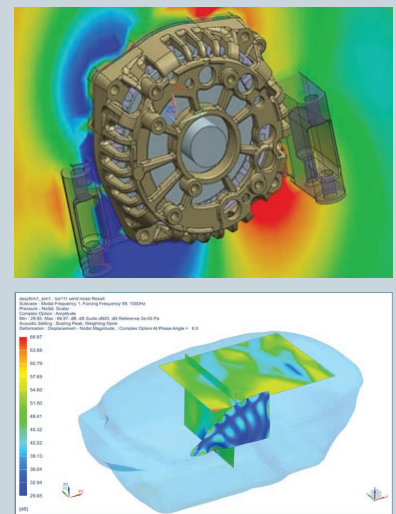
Излучаемый деталями и узлами шум

Рассеивание шумов от всего
транспортного средства

Виброакустические характеристики
салона

Потери при передаче звука

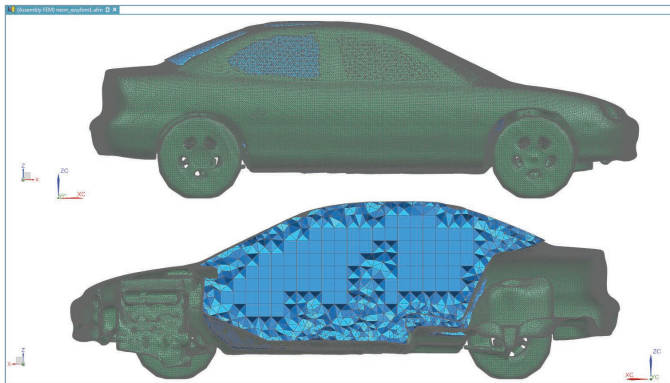
Расчет методом конечных и
граничных элементов





Модуль Simcenter 3D Meshing for Acoustics

Модуль Simcenter 3D Meshing for Acoustics предназначен для построения сеток из конечных и граничных элементов при проведении акустических расчетов. Модуль отличается удобным пользовательским интерфейсом. В нем реализованы самые современные функции построения для внутренних и внешних акустических расчетов на потоках жидкостей и газов на основе имеющейся сетки для прочностных расчетов или CAD-модели.

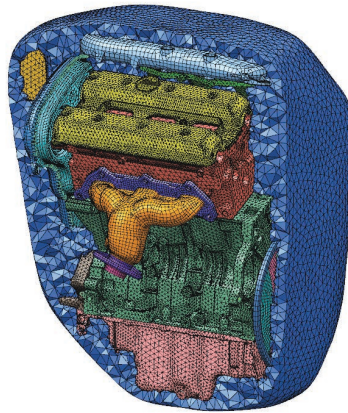


Преимущества модуля

- Построение на основе конечноэлементной модели для прочностных расчетов или CAD-геометрии
- Ускорение процесса построения сеток при проведении акустических расчетов объектов со сложной геометрией

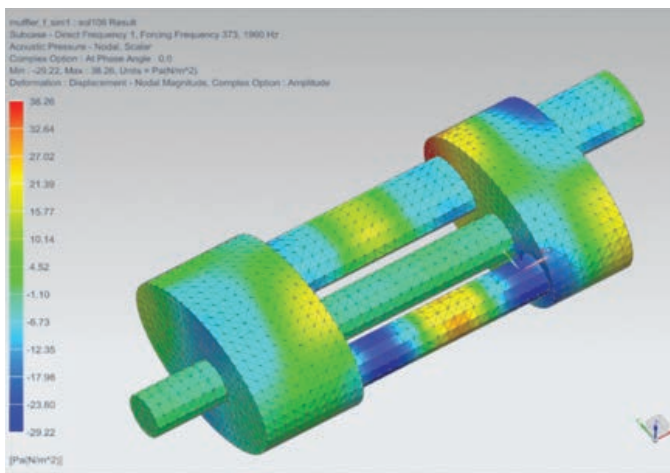
Основные характеристики

- упрощение гибридных и полигональных сеток, инструменты для заполнения отверстий и удаления ребер жесткости
- Технология свертки внешних и внутренних поверхностей на основе CAD- или CAE-модели
- Удобное построение выпуклой внешней граничной поверхности, необходимой для создания конечноэлементных сеток для анализа внешней акустики
- Построение гексагональных и гибридных гексагональных-тетраэдральных сеток на объемах жидкостей и газов, что повышает эффективность расчетов
- Увеличение толщины сетки на оболочке (построение по обратной стороне или по средней поверхности) для получения граничных поверхностей заполненных жидкостью или газом полостей. Применяется при построении конечноэлементных сеток на глушителях и других аналогичных узлах



Модуль Simcenter Nastran Advanced Acoustics

Модуль Simcenter Nastran Advanced Acoustics учитывает стандартные нагрузки и граничные условия. В нем реализованы такие ключевые технологии, как автоматически согласуемые слои (AML) и построение конечноэлементных сеток с адаптируемым порядком (FEMAO), что позволяет быстро выполнять акустические расчеты. Модуль отлично подходит для исследования акустического излучения компонентов, а также шума от проезжающих транспортных средств, потерь при передаче звука в воздуховодах — например воздухозаборниках или глушителях, а также потерь при передаче звука по панелям.

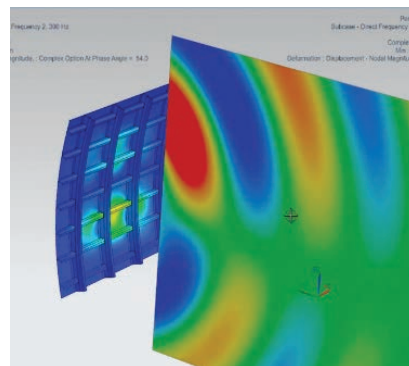
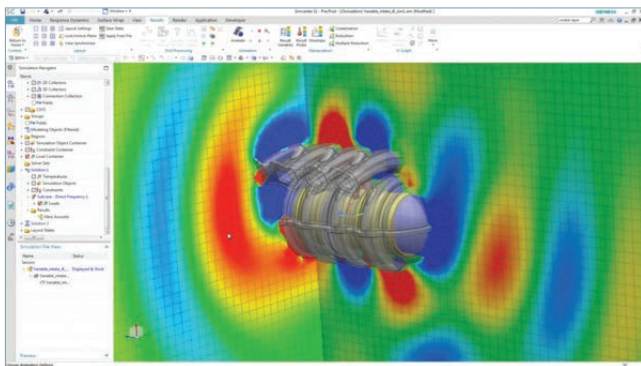


Преимущества модуля

- Выполнение комбинированных виброакустических расчетов наружных и внутренних шумов (решатели SOL108/SOL111)
- Исследование внешней акустики с использованием сокращенных КЭ-моделей и встроенной технологии AML
- Эффективное решение акустических задач в широком диапазоне частот при помощи адаптивного решателя FEMAO

Основные характеристики

- Поддержка стандартных нагрузок и граничных условий, особых акустических граничных условий — например, форм колебаний в воздуховодах и нагрузок в акустическом диффузном поле (со случайными воздействиями)
- Давления на несущие поверхности по результатам других акустических и гидродинамических расчетов
- Учет свойств пористых материалов и материалов с температурными зависимостями, частотно-зависимого поверхностного импеданса и акустической проводимости между парами поверхностей
- Вычисление звукового давления, интенсивности и мощности при помощи виртуальных микрофонов, устанавливаемых внутри или снаружи объема жидкостей и газов, на который наложена сетка



Модуль Simcenter 3D Acoustic Transfer Vector

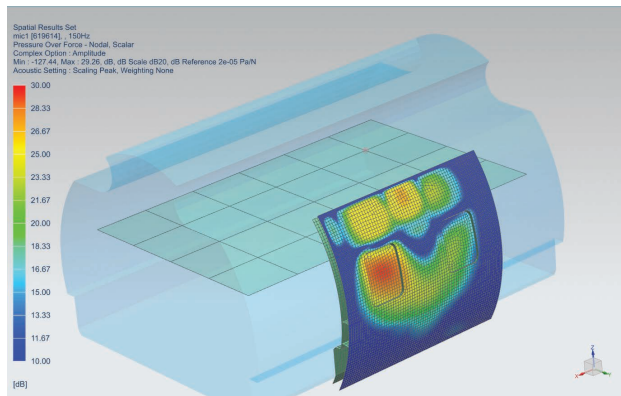
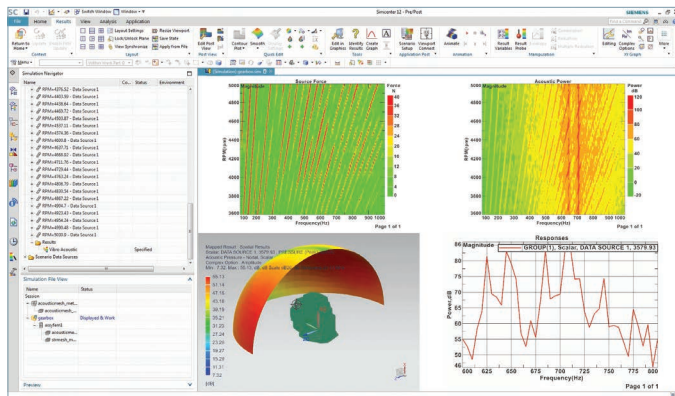
Модуль Simcenter 3D Acoustic Transfer Vector выполняет расчеты акустических передаточных векторов (ATV), представляющих чувствительность отклика на звуковое давление в месте установки виртуального микрофона на единицу нормальной скорости в точках звукового поля на излучающей поверхности. Эти векторы затем применяются для быстрого прогнозирования акустического отклика в любых режимах вибрации поверхностей. Аналогично виброакустические передаточные векторы (VATV) выражают чувствительность звукового давления в точке установки микрофона к единичному усилию, приложенному тем или иным точкам конструкции. Векторы VATV применяются для прогнозирования акустического отклика на любые нагрузки.

Преимущества модуля

- Применение акустических передаточных векторов для расчета шума от вращающихся узлов позволяет ускорить вычисления в 100 раз
- Применение виброакустических передаточных векторов позволяет быстро оценивать уровень шума в салоне при различных условиях нагружения с учетом давления от потоков — например, от ветра и турбулентных граничных слоев

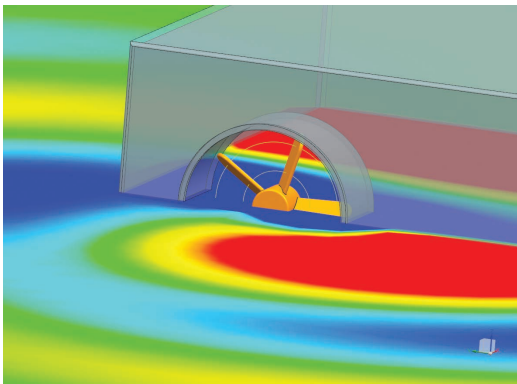
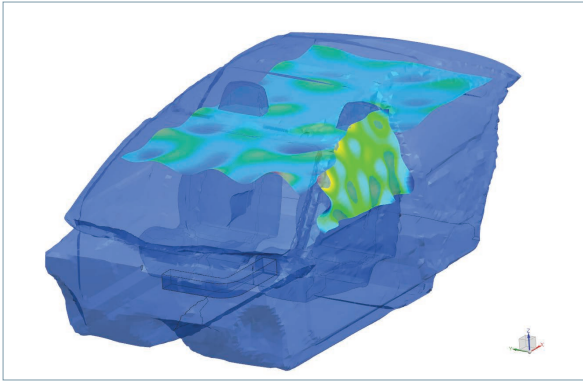
Основные характеристики

- Рассчитанные векторы ATV и VATV хранятся в файле результатов решателя Nastran (op2)
- Предусмотрена интерполяция векторов ATV в условиях вынужденного отклика
- Оценка акустического давления и мощности. Расчет вклада панелей, решеток и форм колебаний в отклик векторов ATV



Модуль Simcenter 3D Aero-Vibro-Acoustics

Модуль Simcenter 3D Aero-Vibro-Acoustics выполняет создание аэроакустических источников, расположенных рядом с излучающими звук турбулентными потоками. Это позволяет оценивать их внешний и внутренний акустический отклик: например, шум от системы отопления, вентиляции и кондиционирования или системы контроля окружающей среды, колесных тележек и пантографов поездов, вентиляторов в системе охлаждения, гребных винтов судов и пропеллеров самолетов и пр. Модуль предусматривает задание ветровых нагрузок, действующих на несущие панели и вызывающих виброакустический отклик (например, в автомобиле или самолете).

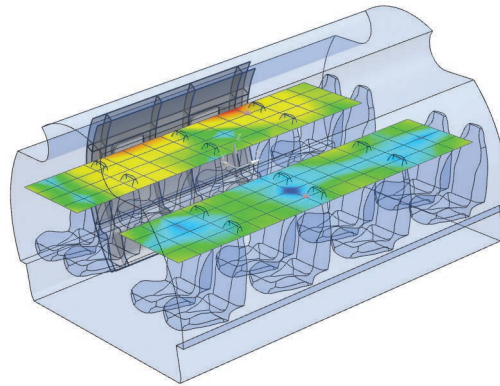


Преимущества модуля

- Построение упрощенных аэроакустических источников на основании давления на неподвижные и вращающиеся поверхности
- Удобная и масштабируемая подготовка нагружений для аэровиброакустических расчетов шума ветра
- Импорт двоичных файлов с нагрузками непосредственно из решателя Simcenter Nastran при расчетах отклика

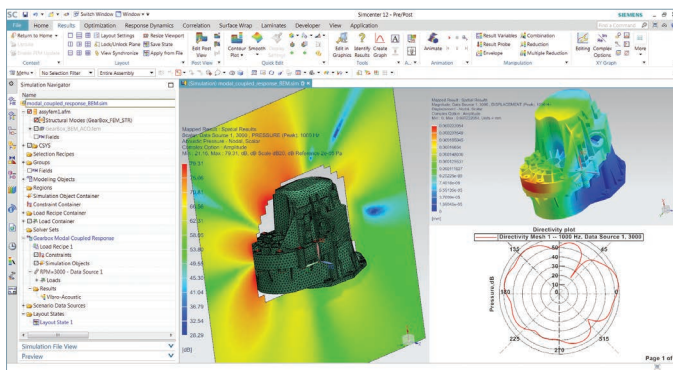
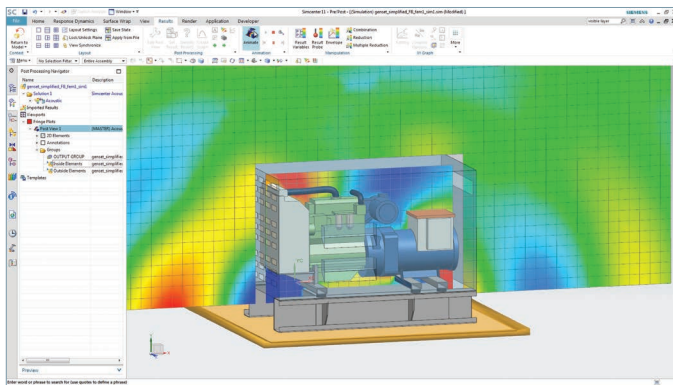
Основные характеристики

- Консервативное сопоставление результатов гидрогазодинамических расчетов давления с сетками для акустических и прочностных расчетов
- Дипольные источники, эквивалентные аэроакустическим поверхностям
- Источники типа «вентилятор», эквивалентные аэроакустическим поверхностям с учетом тонального и широкополосного шума
- Расчет ветровых нагрузок либо при помощи полуэмпирических моделей турбулентного пограничного слоя, либо сопоставленных нагрузок, либо полученных по результатам гидродинамических расчетов



Модуль Simcenter 3D Environment for BEM Acoustics

Модуль Simcenter 3D Environment for BEM Acoustics создает готовые к использованию акустические и виброакустические расчетные модели для прямых и непрямых расчетов методом граничных элементов. В нем содержатся мощные инструменты постпроцессинга, предназначенные для анализа результатов акустических и виброакустических расчетов.



Преимущества модуля

- Удобный пользовательский интерфейс, упрощающий создание моделей для акустических расчетов методом граничных элементов, предназначенных для использования в стандартных и высокопроизводительных решателях
- Решение чисто акустических задач, а также слабо- и сильносвязанных виброакустических откликов на основе форм колебаний конструкции
- Специализированные функции постпроцессинга повышают производительность и облегчают оценку проектных решений

Основные характеристики

- Поддержка всех стандартных нагрузок на конструкцию, акустических нагрузок и граничных условий для точной постановки виброакустических задач
- Подготовка акустических и виброакустических расчетов с заданными или случайными воздействиями
- Стандартные средства постпроцессинга результатов акустических расчетов — давления, акустической мощности и вибраций конструкции
- Специализированные средства построения графиков, отображающих вклад панелей и модальный вклад в уровень акустического давления или мощности

Решатель акустических задач методом граничных элементов в модуле Simcenter 3D

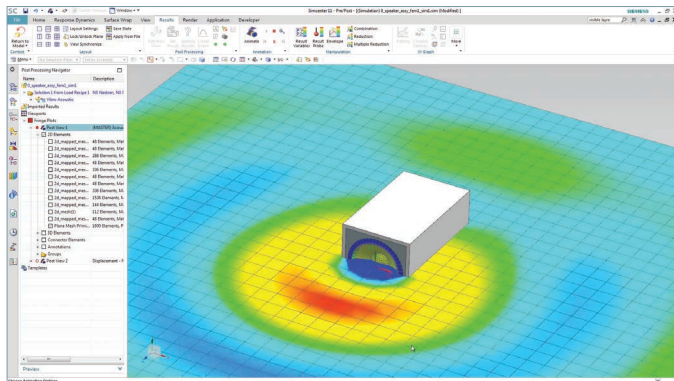
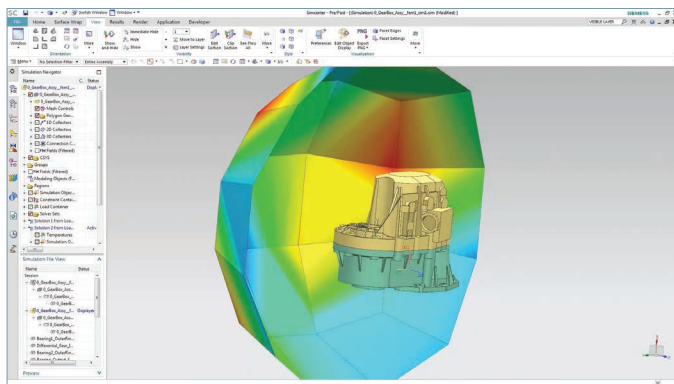
Решатель Simcenter 3D Acoustics BEM предназначен для анализа акустического отклика в замкнутых и незамкнутых областях. При этом конечноэлементная сетка накладывается только на границу объема жидкости или газа. Для виброакустического анализа акустические расчеты в жидкости или газе объединяются со структурной модальной моделью. Слабая виброакустическая связь позволяет накладывать колебания конструкции на объем жидкости или газа, рассчитываемый методом граничных элементов.

Преимущества модуля

- Быстрые и эффективные решатели исключительно акустических и виброакустических задач методом граничных элементов
- Широкий выбор акустических нагрузок, стандартных нагрузок на конструкцию и граничных условий для точной постановки виброакустических задач
- Автоматическая корректировка моделей для расчетов методом граничных элементов со свободными и соединенными ребрами

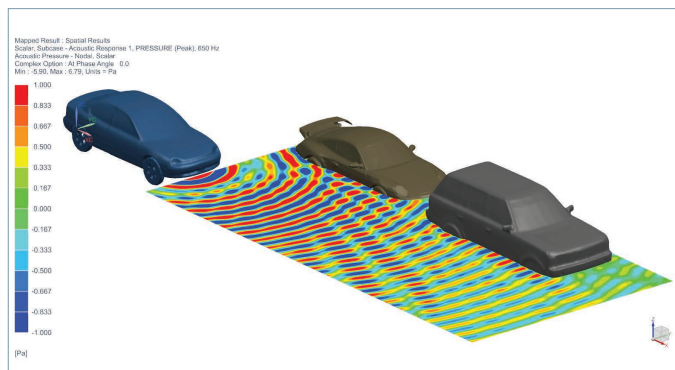
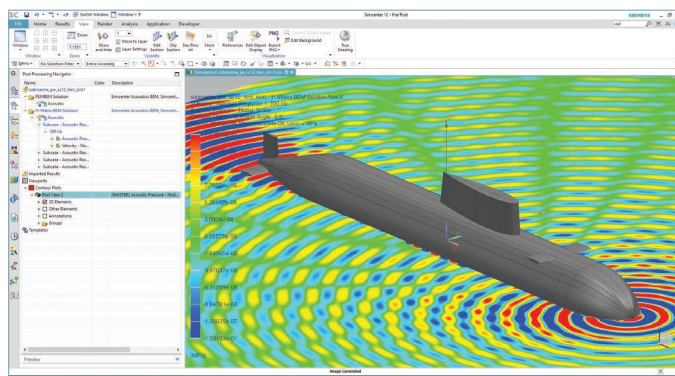
Основные характеристики

- Прямое и не прямое решение несвязанных акустических задач
- Непрямые виброакустические расчеты акустики, расчеты слабо- и сильносвязанных виброакустических явлений
- Акустические и виброакустические расчеты с заданными или случайными воздействиями
- Расчет стандартных акустических результатов и откликов конструкции
- Оценка вклада панелей и модального вклада в уровень акустического давления или мощности



Решатель Simcenter 3D Acoustics Accelerated BEM

Решатель Simcenter 3D Acoustics Accelerated BEM использует метод иерархической матрицы (H-матрицы) граничных элементов и быстрый метод мультипольных граничных элементов, что расширяет вычислительные возможности по сравнению со стандартными решателями. Решатели прекрасно справляются с задачами внешней акустики крупных конструкций: транспортных средств, больших двигателей, летательных аппаратов, судов, подводных лодок, а также с высокочастотными задачами — например, возникающими при проектировании ультразвуковых датчиков.



Преимущества модуля

- Быстрый расчет больших моделей (сложная геометрия, высокие частоты) методом граничных элементов
- Требуется меньший объем памяти по сравнению со стандартными решателями методом граничных элементов
- Расчет несвязанного акустического отклика, а также связанного виброакустического отклика

Основные характеристики

- Модуль включает в себя решатель быстрым методом мультипольных граничных элементов, а также решатель методом иерархической матрицы (H-матрицы) граничных элементов
- Оба решателя поддерживают параллельные вычисления: до четырех параллельных процессов без дополнительных лицензий. Для дальнейшего увеличения числа процессов требуется модуль Simcenter 3D Acoustics High Performance Computing (HPC)
- Учет эффекта конвекции в равномерном потоке на распространение акустических волн

Решатель Simcenter 3D Acoustics Time Domain BEM

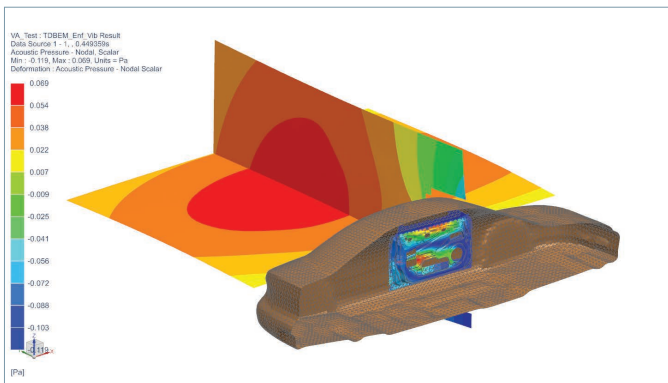
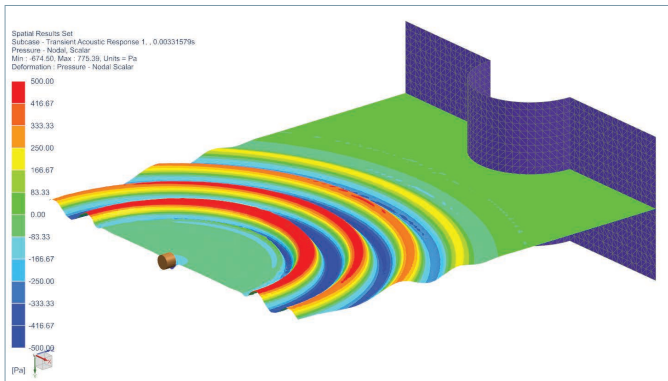
Решатель Simcenter 3D Acoustics Time Domain BEM выполняет решение акустических и виброакустических задач методом граничных элементов. В отличие от решателей, работающих в частотном диапазоне, Simcenter 3D Acoustics Time Domain BEM способен решать задачи с кратковременными импульсными воздействиями во временном диапазоне. Данный решатель методом граничных элементов отлично подходит для таких задач как, например, проектирование датчиков парковки и анализ звука закрывания дверей.

Преимущества модуля

- Точное моделирование переходных процессов в бесконечных областях
- Решение исключительно акустических и виброакустических задач
- Быстрый и эффективный решатель во временной области, способный работать с большими моделями

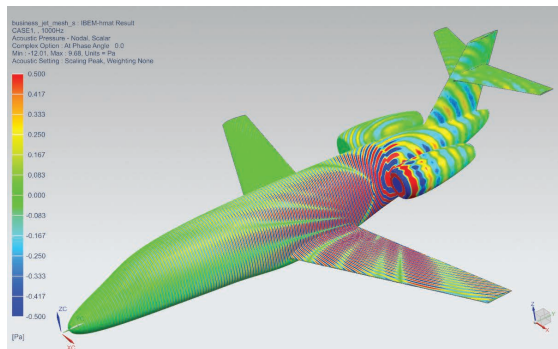
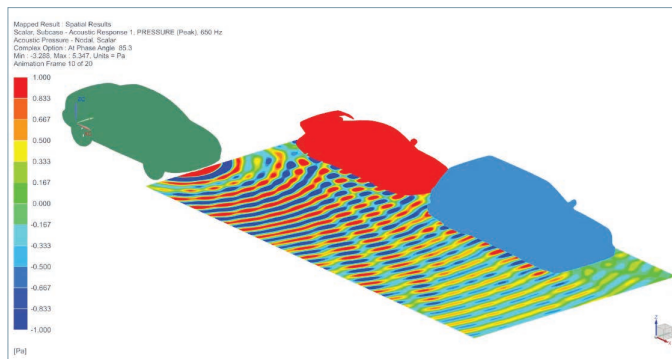
Основные характеристики

- Специализированная среда Simcenter 3D Acoustics Transient BEM для решения задач методом граничных элементов во временной области. Поддерживаются два вида анализа: акустические и виброакустические в неустойчивом режиме
- Поддержка различных нагрузок и граничных условий:
 - акустические расчеты в неустойчивом режиме: акустический монополюс, плоская волна, бесконечная волна, акустический поглотитель, акустическая проводимость
 - Виброакустические расчеты в неустойчивом режиме: усилия, приложенные к конструкции (с представлением форм колебаний), предварительно рассчитанные вибрации, бесконечная плоскость, акустический поглотитель, акустическая проводимость, свойства панелей



Модуль Simcenter 3D Acoustics HPC

Модуль Simcenter 3D Acoustics HPC выполняет акустические расчеты методом конечных и граничных элементов в многопроцессорном режиме на произвольных аппаратных платформах для параллельных вычислений. Для организации параллельных вычислений используется стандарт передачи сообщений MPI. При проведении виброакустических расчетов методом конечных элементов в данном модуле предусмотрена поддержка технологии Distributed Memory Parallel (DMP), имеющейся в решателе Simcenter Nastran.



Преимущества модуля

- Ускорение акустических расчетов в многопоточном режиме, параллельная обработка в системах с общей памятью (SMP), поддержка многопроцессорных систем и технологии DMP
- Данный модуль поддерживает высокопроизводительный режим конечноэлементных решателей в составе Simcenter 3D Acoustics

Основные характеристики

- Решатели поддерживают высокопроизводительные вычислительные системы на многопроцессорных компьютерах или многокомпьютерных кластерах
- Выявление возможных проблем на различных частотах при расчетах по технологии DMP, что обеспечивает практически линейное ускорение вычислений

Таблица функциональных возможностей

Расчет АЧХ отклика							Акустические КЭ-расчеты			Акустические расчеты методом граничных элементов				
Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Meshing for Acoustics	Модуль Simcenter 3D Noise and Vibration Modeling *	Simcenter Nastran Basic **	Модуль Simcenter Nastran Dynamic Response *	Пакет Simcenter Nastran Advanced Dynamics *	Модуль Simcenter Nastran Advanced Acoustics	Модуль Simcenter 3D ATV	Модуль Simcenter 3D Aero-Vibro-Acoustics	Модуль Simcenter 3D Environment for BEM Acoustics	Решатель акустических задач методом граничных элементов в модуле Simcenter 3D	Решатель Simcenter 3D Accelerated BEM	Решатель Simcenter 3D Acoustics Time Domain BEM	Модуль Simcenter 3D Acoustics HPC
Построение сетки	Построение обертывающих сеток для акустических расчетов методом конечных и граничных элементов	•												
	Построение конечноэлементных сеток на выпуклых поверхностях	•												
	2D-сетки заданной толщины (создание объема)	•												
	Построение гибридных сеток для акустических расчетов (тетраэдральных и гексаэдральных)	•												
	Автоматическое построение сеток незамкнутых каналов	•												
	Построение сетки для акустических расчетов на основе сетки для прочностных расчетов	•												
	Построение сетки в полостях	•												
	Увеличение размеров элементов и переразбиение сетки	•												
	Заполнение отверстий	•												
	Удаление ребер жесткости	•												
Граничные условия	Акустические нагрузки: монополи, плоские волны						•				•			
	Акустические нагрузки: нормальная скорость панели						•				•			
	Акустические нагрузки: диполи, распределенные плоские волны, принудительное акустическое давление						•				•			
	Аэроакустические нагрузки: шум вентилятора, поверхностные диполи								•					
	Нагрузки от турбулентного пограничного слоя								•					
	Сопоставление усилий от вызванных потоками нагрузок		•						•					
	Формы колебаний в каналах						•							
	Переходная проводимость с возможностью моделирования перфорированных стенок/листов						•				•		•	
	Граничные условия акустических поглотителей (импеданс)						•				•			
	Объединение нескольких областей с получением единого акустического поля						•							
	Бесконечные плоскости для представления отражающих поверхностей						•				•			
	Безэховые неотражающие граничные условия (метод AML)						•							
	Безэховые торцы каналов						•							

Обозначения:

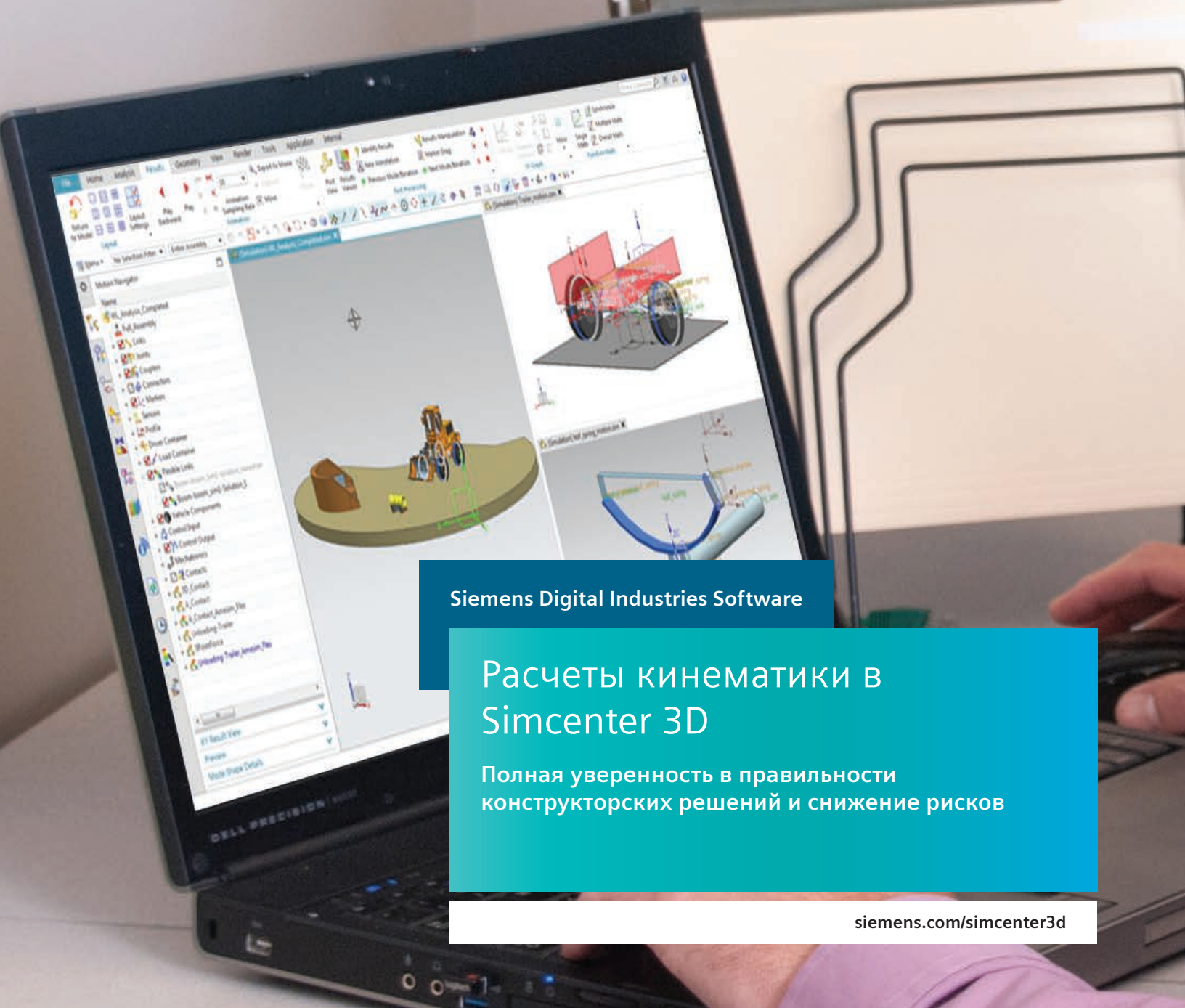
Если в строчке указано несколько символов «•», то это означает «ИЛИ»
 Если имеются объединенные ячейки с одним символом «•», то это означает «И»

* — см. Simcenter 3D для динамических прочностных расчетов

** — см. Simcenter 3D для прочностных расчетов

Примечание: Наличие лицензии на Simcenter 3D Engineering Desktop является минимальным предварительным требованием для работы всех продуктов линейки Simcenter 3D. Отдельные модули могут потребовать наличия и другого программного обеспечения.

Расчет АЧХ отклика							Акустические КЭ-расчеты			Акустические расчеты методом граничных элементов				
Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Meshing for Acoustics	Модуль Simcenter 3D Noise and Vibration Modeling *	Simcenter Nastran Basic **	Модуль Simcenter Nastran Dynamic Response *	Пакет Simcenter Nastran Advanced Dynamics *	Модуль Simcenter Nastran Advanced Acoustics	Модуль Simcenter 3D ATV	Модуль Simcenter 3D Aero-Vibro-Acoustics	Модуль Simcenter 3D Environment for BEM Acoustics	Решатель акустических задач методом граничных элементов в модуле Simcenter 3D	Решатель Simcenter 3D Accelerated BEM	Решатель Simcenter 3D Acoustics Time Domain BEM	Модуль Simcenter 3D Acoustics HPC
Материалы	Акустические расчеты жидкостей и газов						•				•			
	Расчеты пористых материалов по моделям Креггса, Делани-Базели-Мики и Лжонсона-Шампо-Алларда						•							
	Моделирование жидкостей и газов с температурно зависимыми свойствами		•						•					
	Расчеты жидкостей и газов с температурно зависимыми свойствами						•							
	Представления форм колебаний		•											
	Представления форм отклика			•							•	•	•	
	Представления АЧХ		•											
	Расчет АЧХ отклика					•								
	Представления векторов ATV		•											
	Расчет векторов ATV							•						
	Представления VATV		•											
	Расчет векторов VATV							•						
Решение	Метод RDMODES (быстрый расчет нормальных форм колебаний в рекурсивной области)					•								
	Сильно- и слабосвязанные виброакустические расчеты акустики методом конечных элементов				•									
	Комбинированные расчеты слабо- и сильносвязанных виброакустических явлений методом граничных элементов										•			
	Акустические расчеты методом конечных элементов					•								
	Расчеты методом конечных элементов с адаптируемым порядком сетки (FEMAO)						•							
	Расчеты акустических передаточных векторов (ATV)							•						
	Расчеты виброакустических передаточных векторов (VATV)							•						
	Акустические расчеты прямым и косвенным методом граничных элементов										•			
	Акустические расчеты методом иерархической матрицы (H-матрицы)											•		
	Акустические расчеты быстрым методом мультиполюсных граничных элементов (FMBEM)											•		
	Акустические расчеты методом граничных элементов в неустановившемся режиме												•	
	Поддержка до четырех параллельных процессов						•				•	•		
	Поддержка более четырех параллельных процессов													•
Постпроцессинг	Расчеты давления, акустических скоростей, интенсивности звука и акустической мощности в точке установки микрофона (по сценариям)		•							•				
	Вклад форм колебаний конструкции, панелей и сеток в суммарный акустический отклик		•							•				
	Диаграммы направленности		•							•				



Siemens Digital Industries Software

Расчеты кинематики в Simcenter 3D

Полная уверенность в правильности
конструкторских решений и снижение рисков



Преимущества решения

- Точное прогнозирование работы сложных механизмов
- Быстрое создание и редактирование кинематических моделей в интегрированной CAE-среде
- Моделирование мехатронных систем, включая механические узлы и системы управления
- Использование дополнительных модулей для специализированных видов численного моделирования — расчетов шин, трансмиссий или гибких труб
- Удобная передача результатов кинематического моделирования в Simcenter 3D. Полученные результаты служат входными данными для проведения других типов расчетов

Simcenter™ 3D выполняет численное моделирование, помогающее разработчикам изучать и прогнозировать функциональное поведение механизмов. В этом решении имеется полный набор высокоэффективных инструментов для проведения сложных статических и динамических расчетов, а также для анализа кинематики. Применение климатического моделирования и оценка характеристик механизма на ранних этапах проектирования повышает уверенность в правильности проектных решений и снижает риски.

Платформа для комбинированных расчетов

Решения Simcenter 3D для кинематического моделирования являются частью интегрированной междисциплинарной среды численного моделирования, основой которой является Simcenter 3D Engineering Desktop — централизованная платформа пре- и постпроцессинга для всех решений линейки Simcenter 3D. Интегрированная среда ускоряет CAE-процессы и оптимизирует междисциплинарное численное моделирование,



Расчеты кинематики в Simcenter 3D

включающие в себя не только кинематические расчеты, но и другие виды анализа — например, расчет податливых тел методом конечных элементов, а также учет акустических явлений при анализе шума в зубчатых передачах.

Решение для анализа кинематики, ориентированное и на конструкторов, и на расчетчиков

Как правило, у конструкторов и расчетчиков разные подходы к моделированию кинематики: конструкторы работают на основе CAD-моделей, а расчетчики нередко начинают с чистого листа. Решения линейки Simcenter 3D Motion ориентированы как на конструкторов, так и на расчетчиков. Расчетчики применяют Simcenter 3D Motion для создания моделей механизмов вручную. Шарнирные звенья представляются простыми геометрическими объектами. Это позволяет оценить работу будущего механизма до построения его точной геометрической модели. Конструкторы на этапе подробного проектирования работают с моделями сборок в CAD-системах. Сборки легко и быстро превращаются в полноценные кинематические модели: тела геометрии преобразуются в детали механизма, а на кинематические соединения в сборке накладываются соответствующие ограничения. Таким образом конструкторы экономят ценное время при моделировании: они сразу видят, как геометрия влияет на характеристики механизма.

Точное прогнозирование работы сложных механизмов

В основе решателя Simcenter 3D Motion лежат технологии, применяемые на практике уже свыше 30 лет, и самые современные алгоритмы расчета множества тел. В результате расчеты выполняются быстро, стабильно и эффективно. Кроме того, решатель точно рассчитывает силы реакции, перемещения, скорости и ускорения в системах из твердых и гибких тел. Рассчитанные нагрузки затем применяются при проведении прочностных расчетов, а также расчетов долговечности, шума и вибраций.

Моделирование мехатронных систем, включая механические узлы и системы управления

Simcenter 3D предусматривает интеграцию с ведущими инструментами проектирования систем управления. Поддерживается как обмен моделями, так и комбинированные виды численного моделирования, когда описывающие механическую систему уравнения решаются одновременно с уравнениями, описывающими поведение контроллеров и приводов. Таким образом удается выявить влияние системы управления на поведение всего механизма в целом.

Эффективная передача расчетов между различными модулями в составе Simcenter 3D

Для проведения ряда видов прочностных и акустических расчетов, анализа вибраций и долговечности крайне важно знать условия нагружения детали или сборки. Рассчитанные в Simcenter 3D Motion условия нагружения передаются в Simcenter 3D Engineering Desktop для проведения других видов расчетов. Это существенно повышает производительность всех специалистов, связанных с проведением численного моделирования.



Варианты применения

Трудно оценить условия эксплуатации таких сложных механических систем, как копировальные машины, сдвижные люки в крыше автомобиля или закрылки самолета. В ходе кинематического моделирования рассчитываются силы реакции, крутящие моменты, скорости, ускорения и другие параметры механических систем, что позволяет исследовать самые разные аспекты поведения будущего изделия.

Автомобилестроение и транспорт

В автомобилях используется множество различных механизмов, от которых зависят и поведение машины на дороге, и комфорт пассажиров. Simcenter 3D оценивает характеристики подвески и шин, а также таких узлов, как люки в крыше, сиденья и автоматические двери.

Аэрокосмическая и оборонная промышленность

Пользователи Simcenter 3D Motion в авиационно-космической отрасли используют эту систему для расчета характеристик шасси и закрылков.

Судостроение

Simcenter 3D позволяет оценить характеристики рулевых устройств и других судовых механизмов — например, кранов на грузовых судах.

Промышленное оборудование

Промышленное оборудование находится в постоянном движении. В Simcenter 3D проектируются сложные технологические линии, промышленные роботы, краны и другое тяжелое оборудование, что помогает получать требуемые характеристики изделий.

Электроника

В электронных устройствах нередко применяются сложные подвижные механизмы с точным управлением. Simcenter 3D позволяет выполнять численное моделирование кинематики фотокопировальных устройств, сканеров, дисководов и другой техники.

Потребительские товары

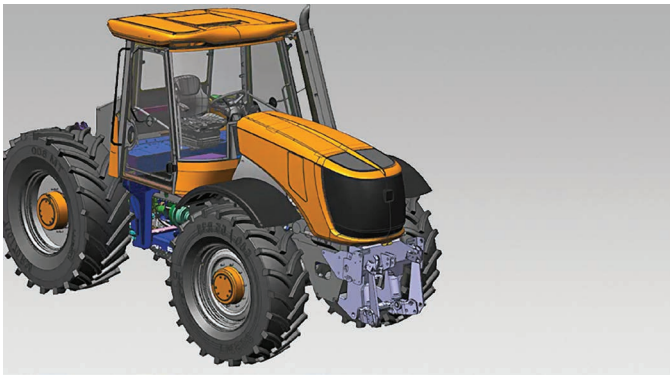
Работу стиральных и посудомоечных машин и даже игрушек обеспечивают встроенные в них механизмы. Simcenter 3D помогает эффективно разрабатывать подобные механические системы.





Модуль Simcenter 3D Motion Modeling

Модуль Simcenter 3D Motion Modeling содержит функции пре- и постпроцессинга при расчете множества тел, оценке характеристик и оптимизации механизмов. Модель содержит полнофункциональный и простой в использовании набор инструментов для исследования самых сложных аспектов кинематики и динамики на этапе разработки изделий авиационно-космической, автомобильной промышленности, промышленного оборудования и электроники.

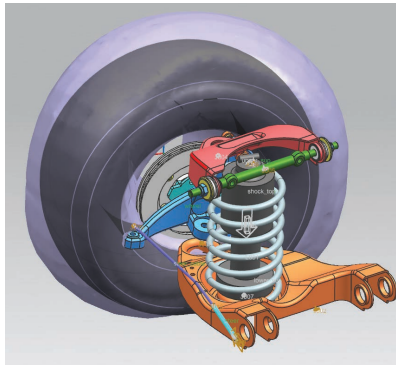
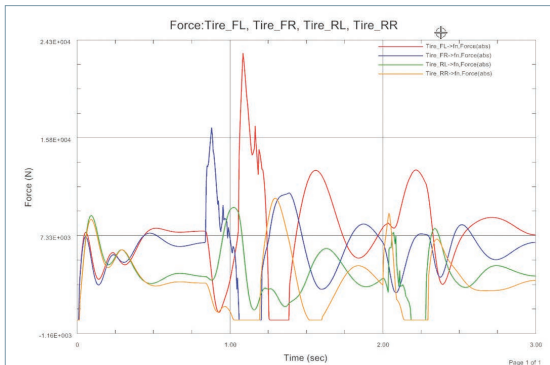


Преимущества модуля

- Сокращение потребности в изготовлении дорогостоящих опытных образцов: характеристики механизма определяются путем симуляции кинематики
- Оценка кинематических и динамических характеристик механизмов при помощи анимаций, графиков, построения ометаемого объема и валидации зазоров.

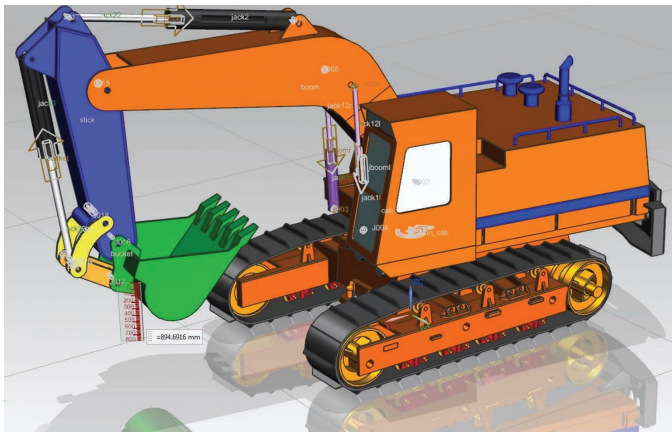
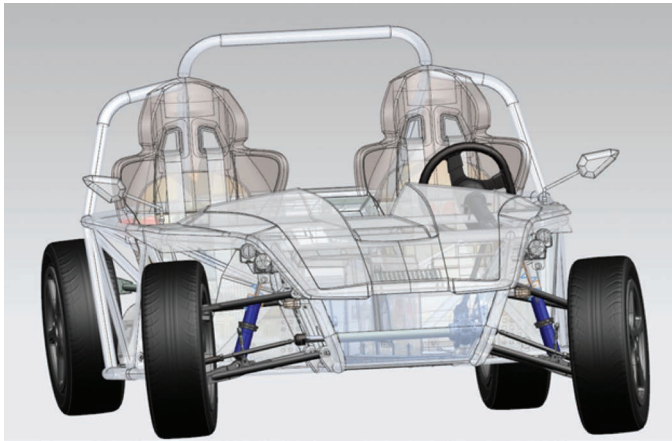
Основные характеристики модуля

- Быстрое преобразование CAD-моделей деталей и сборок в полнофункциональные кинематические модели
- Передача результатов кинематического моделирования в другие приложения линейки Simcenter 3D для проведения прочностных и акустических расчетов, анализа долговечности и др.
- В модуле есть прямой интерфейс системы Simcenter Amesim™, выполняющий точные расчеты характеристик электронных и гидравлических компонентов, а также элементов систем управления



Решатель Simcenter 3D Motion

Решатель Simcenter 3D Motion выполняет прогнозирование функциональных характеристик деталей и сборок. Решатель позволяет рассчитывать динамику множества тел. В нем имеется полный набор высокоэффективных инструментов для проведения сложных статических и динамических расчетов, а также для анализа кинематики.



Преимущества модуля

- Высокая точность расчетов (перемещения, скорости, ускорения, силы реакции, характеристики податливых тел) с применением самых современных алгоритмов симуляции кинематики множества тел
- Сокращение потребности в изготовлении дорогостоящих опытных образцов: характеристики изделия определяются путем симуляции кинематики

Основные характеристики модуля

- Выполняемые типы анализа: кинематический, динамический, статический, квазистатический, во временной области, пошаговый, интерактивные расчёты кинематических соединений. Задание параметров расчетов в виде электронной таблицы Excel
- Набор эффективных алгоритмов для пространственной матрицы, предназначенных для решения систем линейных уравнений по всем типам анализа
- Алгоритмы явного и неявного численного интегратора
- Обмен моделями с другими системами и проведение совместных расчетов
- Пользовательские подпрограммы.
- Лицензии на решатель Simcenter 3D Motion допускается распределять по нескольким процессорным ядрам и компьютерам. Таким образом дополнительные модули можно запускать с различных компьютеров

Модуль Simcenter 3D Motion Systems and Controls

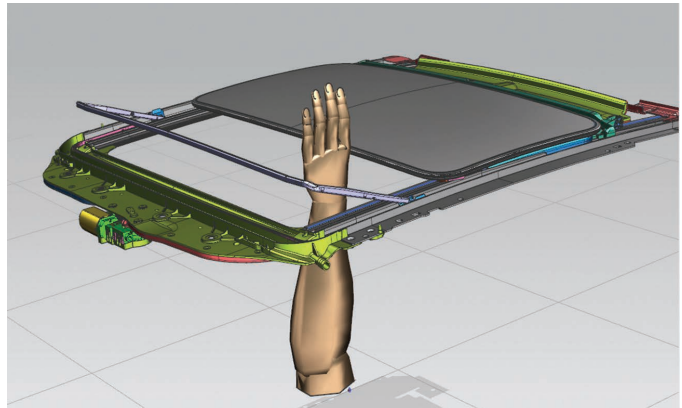
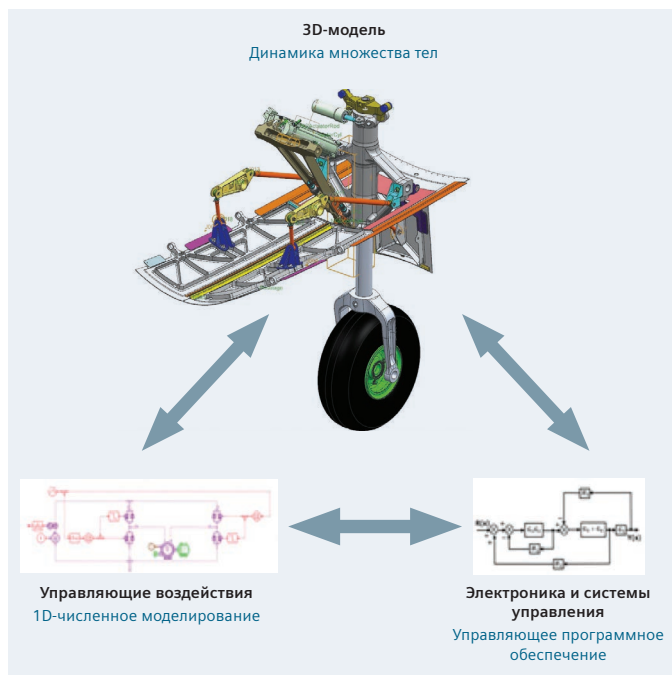
С помощью модуля Simcenter 3D Motion Systems and Controls разработчики механических систем прогнозируют влияние систем управления на работу механизмов, а конструкторы оптимизируют системы управления. В модуле имеется библиотека элементов систем управления, предназначенных для динамического анализа мехатронных устройств. Используя интерфейсы с системами MATLAB® и Simulink®, кинематические модели интегрируются непосредственно с моделями систем управления для проведения комбинированного численного моделирования кинематики и системы управления. Кроме того, в модуле Simcenter 3D Motion Systems and Controls имеется общий интерфейс для выполнения комбинированных расчетов в любой сторонней системе, в том числе собственной разработки.

Преимущества модуля

- Снижение рисков на ранних этапах проектирования и оценка характеристик изделия при помощи комбинированного численного моделирования мехатронных систем
- Точное и эффективное проектирование приводов и контроллеров

Основные характеристики модуля

- Встроенная библиотека элементов систем управления
- Интерфейс для выполнения расчетов нелинейных механических систем с помощью MATLAB/Simulink, в том числе сложных устройств управления и приводов
- Поддержка стандарта Functional Mock-up Interface (FMI)



Модуль Simcenter 3D Motion Flexible Body

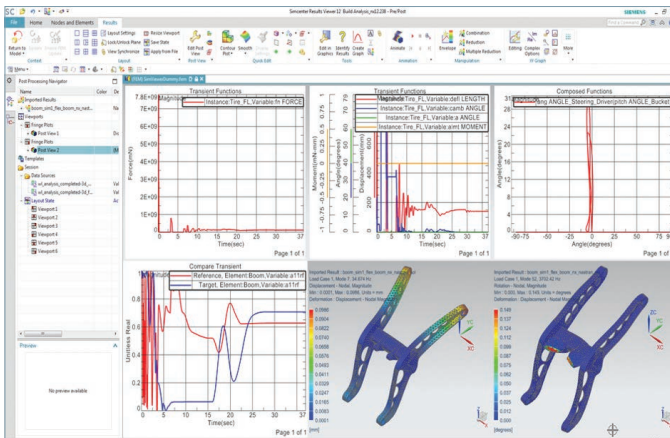
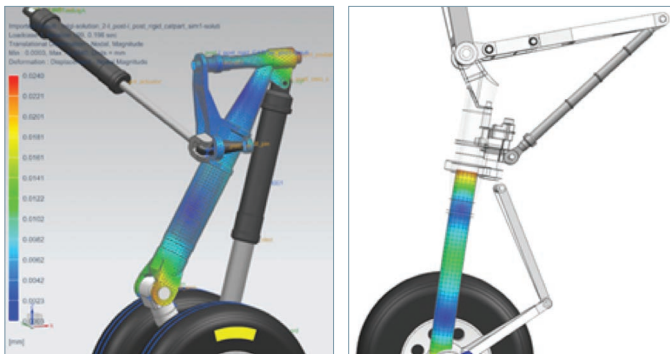
Модуль Simcenter 3D Motion Flexible Body повышает точность моделей множества тел, позволяя учитывать деформации элементов при расчетах кинематики механизмов. Такой подход объединяет стандартное численное моделирование нескольких тел с моделированием податливых тел при помощи набора режимов деформации.

Преимущества модуля

- Повышение точности расчета кинематики механизмов, содержащих гибкие элементы
- Точное прогнозирование прочностных характеристик тела на основе точных значений нагрузок в соединениях механизма

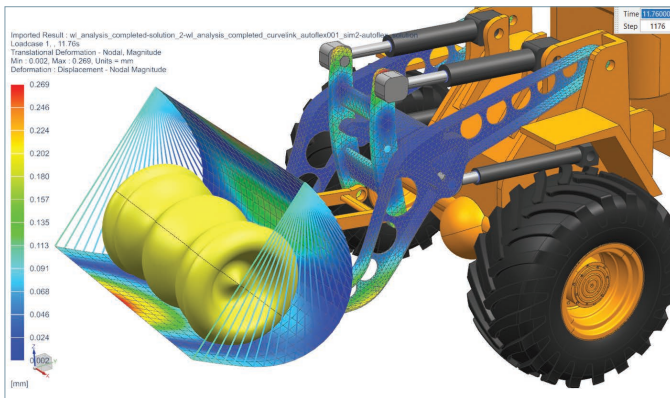
Основные характеристики модуля

- Методы синтеза составляющих форм колебаний реализованы во многих конечноэлементных решателях, в том числе — в Simcenter Nastran®, MSC Nastran, ANSYS и Abaqus
- Редактирование свойств податливых тел — массы, моментов инерции, демпфирования колебаний



Модуль Simcenter 3D Motion Flexible Body Advanced

Модуль Simcenter 3D Motion Flexible Body Advanced расширяет возможности моделирования. В нем реализован автоматический процесс преобразования геометрии в модель податливого тела. Кроме того, поддерживается задание ограничений и контактных сил, приложенных к податливым телам.



Преимущества модуля

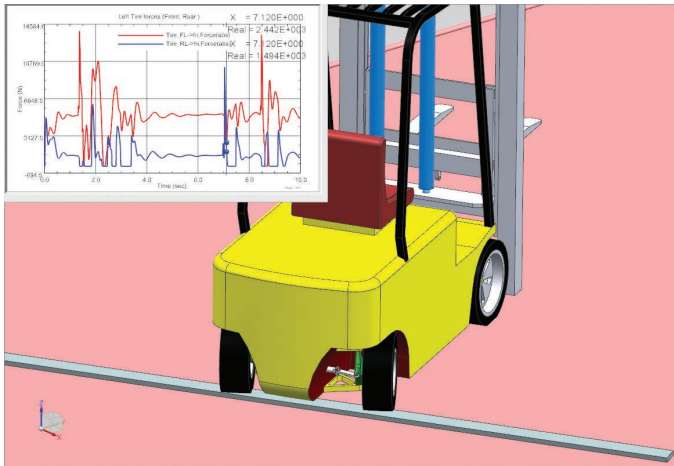
- Упрощение моделирования гибких тел: стандартные процессы экономят время
- Упрощение расчетов приложенных к гибким телам распределенных нагрузок (в местах контактов)

Основные характеристики модуля

- Инструмент для автоматического построения моделей податливых тел: буквально за несколько щелчков мыши CAD-геометрия преобразуется в полноценную модель податливого тела с ассоциативной КЭ-сеткой и соответствующими граничными условиями, создаваемыми на основе взаимосвязей между деталями механизма
- Приложение контактных усилий к гибким телам: контакты вида «твердое-гибкое тело» и «гибкое-гибкое тело»
- Ограничения (точки на гибкой кривой) задаются на КЭ-узлах

Модуль Simcenter 3D Motion Standard Tire

Модуль Simcenter 3D Motion Standard Tire рассчитывает все компоненты силы, возникающие в пневматической шине при ее контакте с поверхностью дороги, в том числе — нормальную, вертикальную, продольную и поперечную составляющие, а также все результирующие моменты.



Преимущества модуля

- Точное прогнозирование взаимодействия шины с дорогой для автоматизированной оценки динамики транспортного средства
- Прогнозирование плавности хода и управляемости транспортного средства на основе ограниченного числа параметров шины и дорожного покрытия

Основные характеристики модуля

- Использование различных моделей сил в шине с заданием уровня детальности: есть модели для легковых и грузовых автомобилей, автобусов, сельскохозяйственной и строительной техники, а также шасси самолетов
- Анализ высокочастотных характеристик: оценка плавности хода всего транспортного средства и расчеты долговечности
- Три модели описания шин: безынерционная, основная и шина мотоцикла
- Поддержка модели гибкой структуры шины (Ftire), используемой в программном обеспечении cosin scientific

Модуль Simcenter 3D Motion CD Tire

Модуль Simcenter 3D Motion CD Tire содержит целое семейство моделей шин, разработанных Институтом прикладной математики им. Фраунгофера. Это стороннее программное обеспечение, работающее совместно с Simcenter 3D. Эти модели пригодны для численного моделирования легковых и грузовых автомобилей, автобусов, внедорожной техники, мотоциклов и летательных аппаратов. Они позволяют точно спрогнозировать характеристики и управляемость транспортного средства, а также его долговечность и плавность хода.

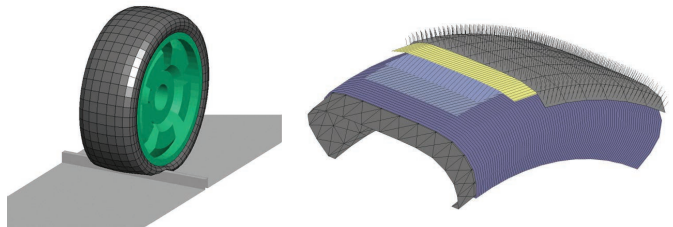


Преимущества модуля

- Семейство специализированных моделей шин, предназначенных для расчета плавности хода и долговечности транспортных средств
- Точный расчет действующих в шине сил при движении транспортного средства по произвольной поверхности
- Возможность создания масштабируемых моделей с различными уровнями сложностями и требованиями к вычислительной мощности

Основные характеристики модуля

- Расчеты в широком частотном диапазоне для оценки долговечности, плавности хода и управляемости транспортного средства, а также характеристик подвески



Модуль Simcenter 3D Motion MF-Tyre

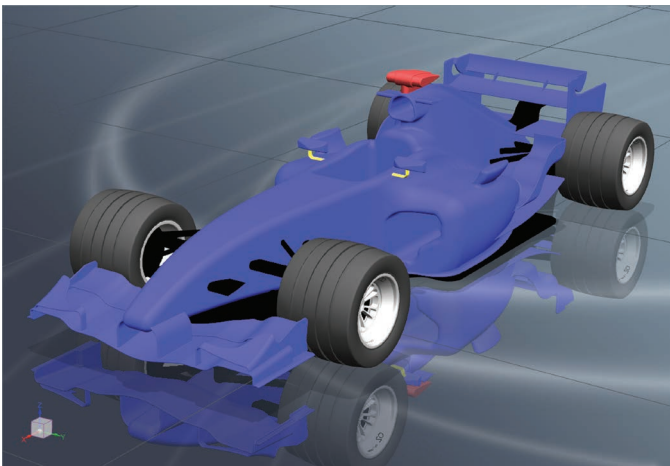
Модуль Simcenter 3D Motion MF-Tyre предназначен для создания моделей шин в соответствии с международной стандартной моделью шины Delft-(версия 6.1.2). при расчетах используется полуэмпирическая «магическая формула», выведенная проф. Гансом Пасейка. Эти модели точно и эффективно рассчитывают силу контакта между шиной и дорогой в стационарном режиме и на высоких частотах. поддерживается моделирование шин легковых автомобилей, мотоциклов, грузовых автомобилей и шасси летательных аппаратов.

Преимущества модуля

- Моделирование усилий в шинах с целью оценки управляемости проектируемого транспортного средства
- Точное прогнозирование управляемости транспортного средства при прохождении поворотов с постоянной скоростью и со сбросом скорости, смене полосы движения, развороте задним ходом и других маневрах

Основные характеристики модуля

- Моделирование поведения шины в стационарном и переходном режиме движения в широком частотном диапазоне, позволяющее оценить характеристики управляемости будущего транспортного средства, а также его устойчивость к опрокидыванию
- Моделирование работы таких систем транспортного средства, как антиблокировочная система тормозов (ABS), система курсовой устойчивости (MBC) и антипробуксовочная система (TCS).



Модуль Simcenter 3D Motion MF-Swift Tyre

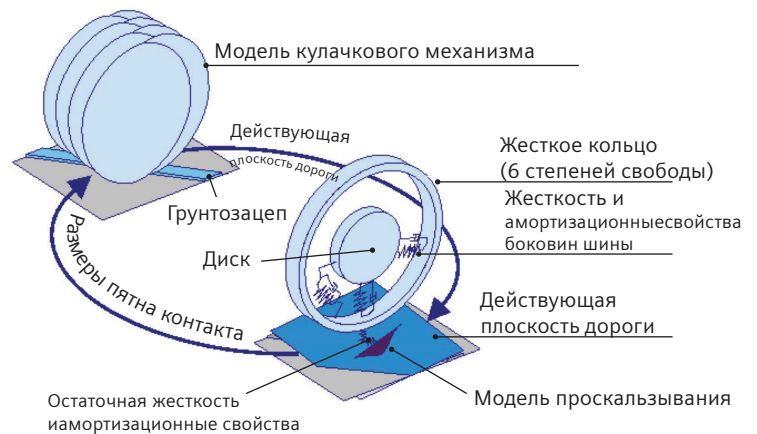
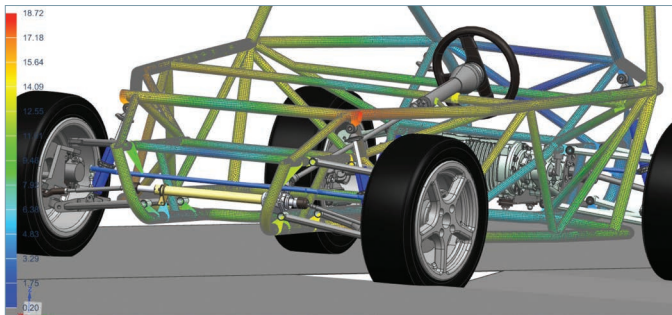
Модуль Simcenter 3D Motion MF-Tyre предназначен для создания моделей шин в соответствии с международной стандартной моделью шины Delft (версия 6.2.0). при расчетах используется полуэмпирическая «магическая формула», выведенная проф. Пасейка. Модуль Simcenter 3D Motion MF-Swift расширяет частотный диапазон применения «магической формулы» MF-Tyre до примерно 100 Гц. Что повышает точность оценки плавности хода, долговечности и вибраций транспортного средства. Модуль выполняет моделирование таких систем транспортного средства, как ABS, ESP, VSC, TCS и многих других в широком диапазоне условий эксплуатации.

Преимущества модуля

- Моделирование сил в шинах с целью оценки управляемости проектируемого транспортного средства
- Точное прогнозирование управляемости транспортного средства при прохождении поворотов с постоянной скоростью и со сбросом скорости, смене полосы движения, развороте задним ходом и других маневрах

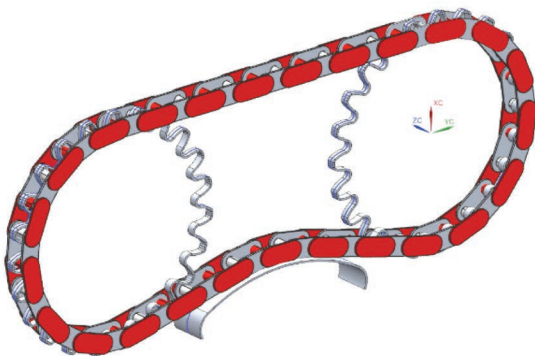
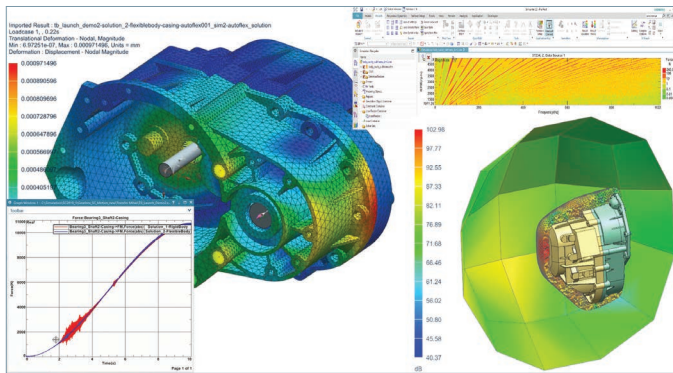
Основные характеристики модуля

- Применение стандартной «магической формулы» проф. Пасейка в диапазоне высоких частот для оценки плавности хода, характеристик подвески и вибраций трансмиссии



Модуль Simcenter 3D Motion Drivetrain

Модуль Simcenter 3D Motion Drivetrain предназначен для динамических расчетов деталей и узлов трансмиссий. В нем представлен целый ряд инструментов создания точных моделей трансмиссий транспортных средств. Инструмент проектирования трансмиссий помогает удобно создавать модели коробок передач, применяемые при расчете систем многих тел. С его помощью можно быстро перейти от задания характеристик конструкции к точным расчетам. Функции дискретного моделирования трансмиссий упрощают расчеты сложных цепных, гусеничных и ременных приводов.

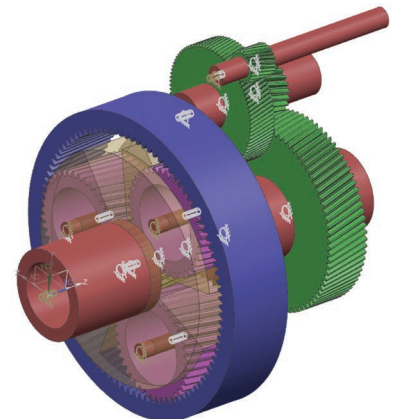


Преимущества модуля

- Автоматическое создание состоящих из нескольких тел моделей трансмиссий в соответствии с отраслевыми стандартами. Сроки разработки моделей сокращаются на величину, достигающую 80 процентов
- Выполнение всех видов численного моделирования трансмиссий в единой среде
- Надежные быстрые расчеты коробок передач с применением проверенных на практике алгоритмов
- Быстрые дискретные алгоритмы, упрощающие моделирование цепных, ременных и гусеничных приводов с возможностью добавления нестандартных деталей и узлов
- Исследование сложной динамики цепных, ременных и гусеничных приводов с целью оптимизации их характеристик

Основные характеристики модуля

- Автоматическое создание соответствующих отраслевым стандартам моделей нескольких тел, представляющих трансмиссии
- Работа с одноступенчатыми и многоступенчатыми цилиндрическими и косозубыми передачами наружным и внутренним (планетарные механизмы) зацеплением
- Прямая интеграция с модулем Simcenter 3D Acoustics для расчета шумов и вибраций
- Создание узлов из повторяющихся элементов произвольной геометрии — таких, как звенья цепей и траки гусениц — вместе с соединениями и силами
- Размещение компонентов в соответствии с задаваемой пользователем топологией
- Прогнозирование динамического отклика при переходных процессах — расчет перемещений, скоростей, ускорений и нагрузок у сочлененных тел и элементов привода



Модуль Simcenter 3D Motion TWR

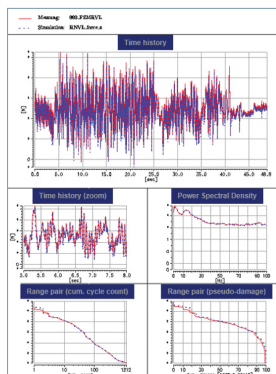
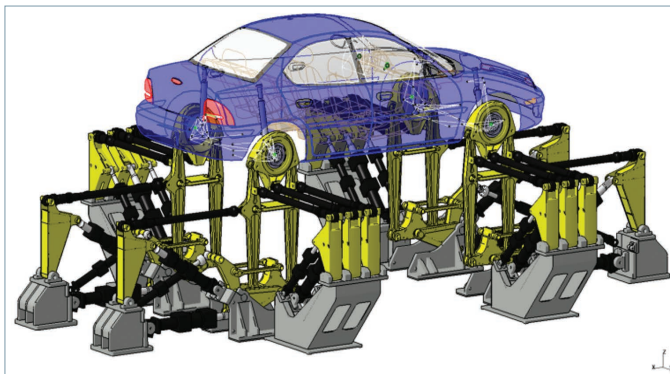
Simcenter 3D Motion TWR (англ. time waveform replication — воспроизведение сигналов во временной области) представляет собой дополнительный программный модуль, использующий функции моделирования динамики нескольких тел. В модуле создается виртуальный испытательный стенд, позволяющий рассчитывать частотный отклик системы, задавать входные сигналы, их формы и фильтры и находить решения итерационным методом.

Преимущества модуля

- Снижение себестоимости, сокращение сроков и устранение рисков, связанных с лабораторными испытаниями натурных образцов — вместо этого создается виртуальный испытательный стенд, моделирующий воздействие возбуждающих сигналов на исследуемый образец
- Выполнение численного моделирования транспортных средств в отсутствие сложно определяемых характеристик шин и дорожного покрытия

Основные характеристики модуля

- Расчет множества входных воздействий, гарантирующих сходимость расчетной модели и точное воспроизведение физических показателей, измеренных в тех же точках в ходе эксперимента



Решатель Simcenter 3D Motion Real-Time

Решатель Simcenter 3D Motion Real-Time вместе с дополнительными модулями расширяет возможности моделей, создаваемых в Simcenter 3D Motion. Пользователям предоставляются новые возможности интеграции моделей со сторонними приложениями: добавление моделей на платформу расчетов в реальном времени, интеграция с другими моделями мультифизических расчетов и методом hardware-in-loop. Повторное использование имеющихся моделей и повышение точности моделирования в реальном времени путем добавления дополнительных степеней свободы по сравнению с изначальными упрощенными моделями.

Преимущества модуля

- Повторное использование созданных в модуле Simcenter 3D Motion моделей для моделирования в реальном времени вместо создания таких моделей заново
- Устранение необходимости в упрощении моделей и сохранение исходного числа степеней свободы
- Быстрое планирование экспериментов

Основные характеристики модуля

- Параллельные расчеты больших моделей
- Поддержка моделирования податливых тел
- Имеющаяся в модуле Simcenter 3D Motion функция экспорта в формате кода на языке C позволяет использовать модели в сторонних операционных системах реального времени и в составе интегрированных платформ
- Кроме того, мы предлагаем лицензии на решатель Simcenter 3D Motion Real-Time для работы с аппаратным и программным обеспечением на объектах заказчиков

Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Standard Beam

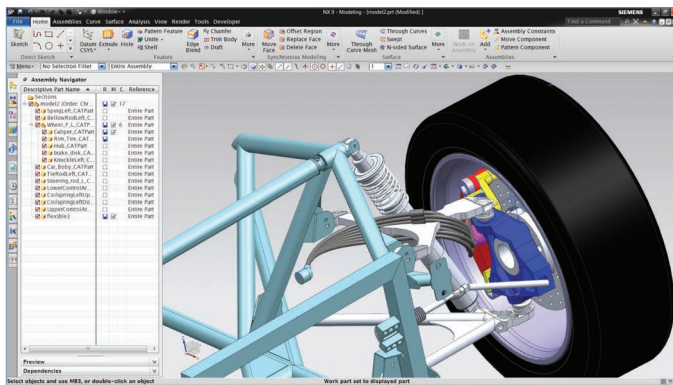
Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Standard Beam предназначен для расчета трубопроводов и шлангов. Он оценивает различные варианты крепления труб, рассчитывая их исходные и деформированные положения, а также действующие на трубы силы и моменты. Использование модуля обеспечивает полную собираемость элементов крепления трубопроводов с проверкой допустимых радиусов сгибов и пересечений с другими объектами.

Преимущества модуля

- Быстрое проектирование гибких шлангов
- Устранение проблем при монтаже
- Учет свойств материала и высокая точность расчетов
- Устранение проблем с усталостной прочностью благодаря недопущению скручиваний в точках крепления
- Контроль сил реакции, кручения и радиусов сгиба

Основные характеристики модуля

- Автоматический расчет размещения элементов без скручиваний
- Расчет смещения гибких шлангов (например, шлангов тормозной системы, АКПП, топливной системы) методом конечноэлементного расчёта балочных конструкций
- Расчет температур и давлений при переходных процессах в пространственной и временной областях
- Модуль умеет работать с результатами расчета кинематики в Simcenter 3D



Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Standard Shell

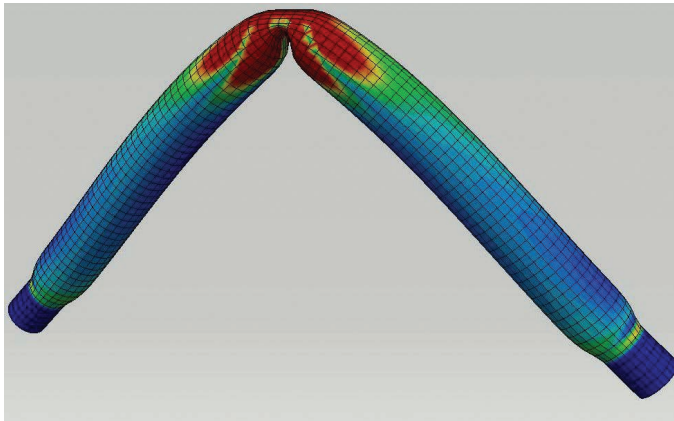
Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Standard Shell предназначен для расчета трубопроводов и шлангов. Он оценивает различные варианты крепления труб, рассчитывая их исходные и деформированные положения, а также действующие на трубы силы и моменты. Кроме того, модуль выполняет контроль проектных решений, проверяя прочность, соблюдение допустимых радиусов изгиба и пересечение с другими объектами.

Преимущества модуля

- Быстрое проектирование гибких шлангов
- Выявление возможных ситуаций разрушения и неустойчивости конструкции до изготовления опытного образца
- Повышение точности результатов расчета

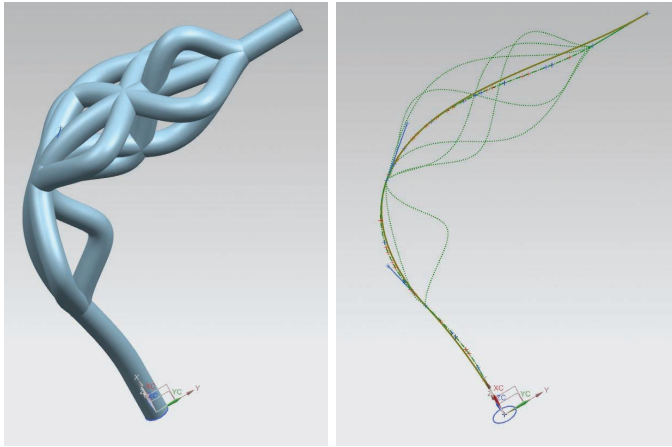
Основные характеристики модуля

- Устранение проблем при монтаже
- Поддержка работы с многослойными шлангами



Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Linear Dynamic

Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Linear Dynamic выполняет расчет собственных форм колебаний, а также гармонического отклика смонтированных трубопроводов, применяя алгоритмы конечноэлементных расчетов балочных или оболочечных элементов.



Преимущества модуля

- Быстрое проектирование гибких шлангов
- Устранение проблем при монтаже
- Выявление возможных разрушений и неустойчивости конструкции до изготовления опытного образца
- Исключение ослабления соединений и возникновения утечек благодаря численному моделированию динамических воздействий (гармонические колебания и переходные процессы)

Основные характеристики модуля

- Расчет собственных форм колебаний, а также гармонического отклика смонтированных трубопроводов

Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Nonlinear Dynamic

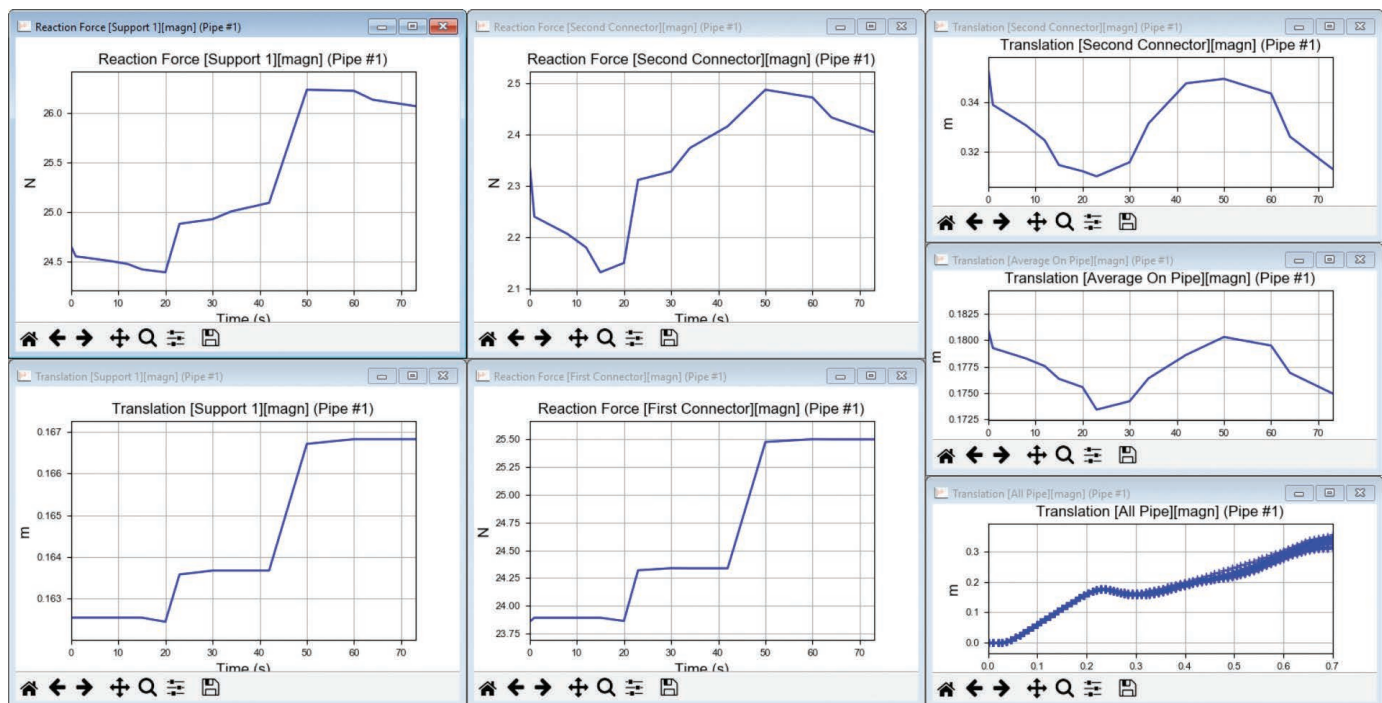
Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Nonlinear Dynamic выполняет расчет собственных форм колебаний (отклик при переходных процессах), применяя алгоритмы конечноэлементных расчетов балочных или оболочечных элементов.

Преимущества модуля

- Быстрое проектирование гибких шлангов
- Устранение проблем при монтаже
- Выявление возможных разрушений и неустойчивости конструкции до изготовления опытного образца
- Предотвращение ослабления соединений и утечек благодаря численному моделированию динамических воздействий (гармонические колебания и переходные процессы)

Основные характеристики модуля

- Расчет нелинейных деформаций (отклик при переходных процессах) смонтированных трубопроводов
- Сравнение с результатами кинематических расчетов
- Учет ускорений и деформаций
- Модуль умеет работать с результатами расчета кинематики в Simcenter 3D
- Контроль выбранных параметров (силы реакции, перемещения, ускорения)



Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Optimization

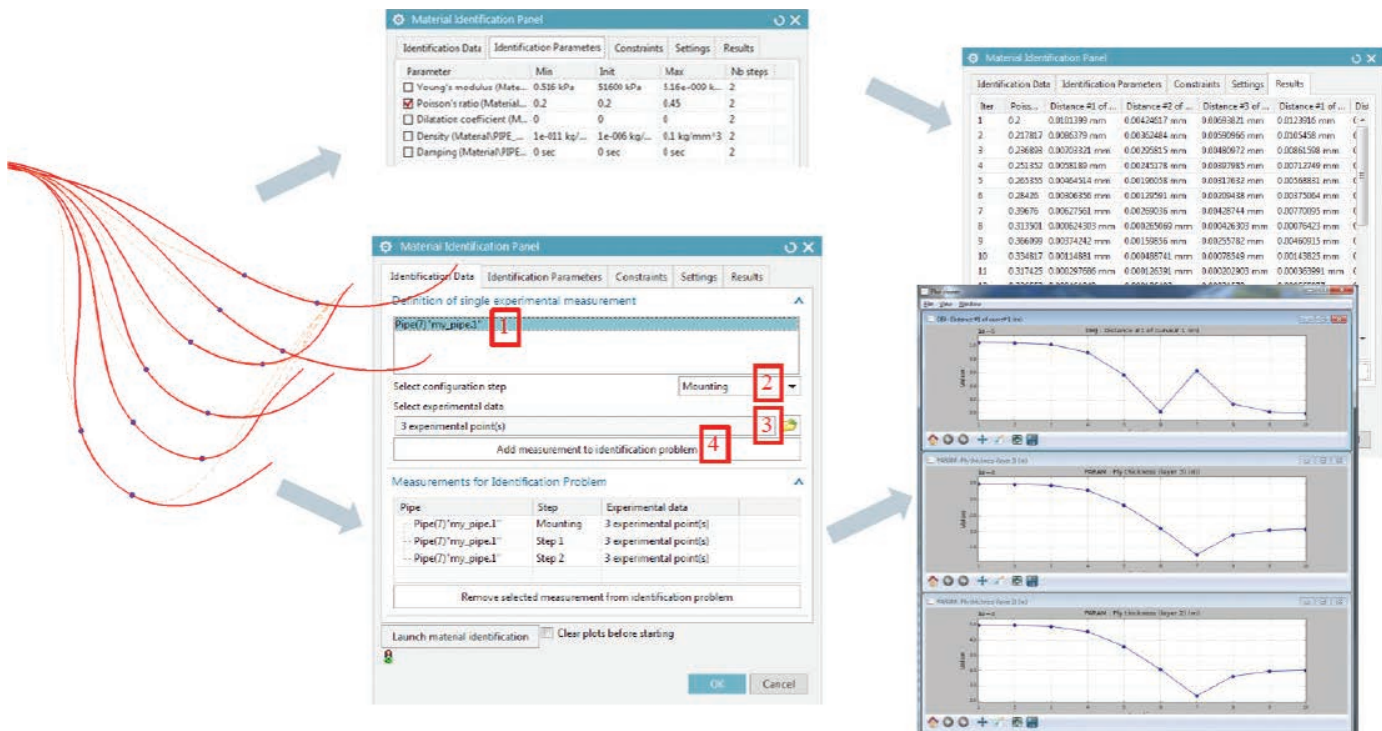
Модуль Simcenter 3D Flexible Optimization предназначен для параметрической оптимизации положения и ориентации деталей и узлов. Кроме того, модуль выполняет расчет свойств материалов, исходя из результатов измерений.

Преимущества модуля

- Быстрое проектирование гибких шлангов
- Устранение проблем при монтаже
- Параметрический анализ для оценки чувствительности конструкции
- Анализ планов экспериментов и исследование пространства проектных решений
- Оптимизация сил реакции, размеров и зазоров

Основные характеристики модуля

- Проведение параметрического анализа, оптимизация положения и ориентации деталей и узлов
- Расчет свойств материалов на основе результатов измерений



Модули Simcenter 3D Flexible Electric Cables и Wire Harness

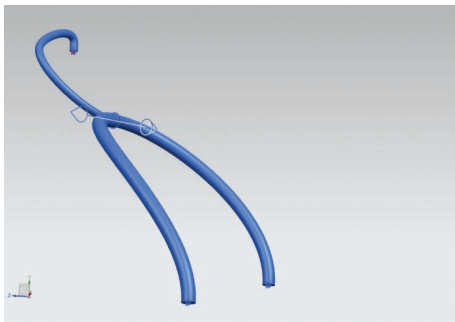
Модули Simcenter 3D Flexible Electric Cables и Wire Harness предназначены для расчета электрических кабелей и жгутов проводки. В них выполняется точное проектирование электропроводки. Поддерживается двунаправленная ассоциативность с решением NX™ для прокладки проводки и работа с материалами, имеющими нелинейные свойства. Такие расчеты обязательны при проектировании электрических кабелей.

Преимущества модуля

- Быстрое проектирование электрических кабелей и жгутов проводки
- Непосредственный импорт моделей разводки электропроводки из NX
- Описание жгутов (кабелей в защитной оболочке)
- Точное размещение жгутов с контролем зазоров
- Прокладка и расчет перемещений шлейфов

Основные характеристики модуля

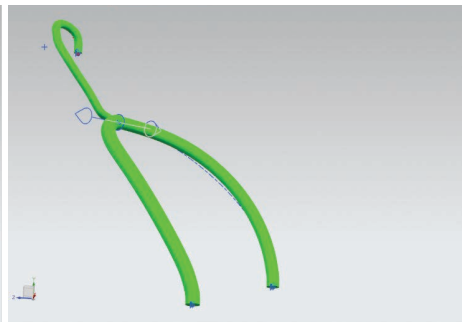
- Расчет эластичности отдельных кабелей и целых жгутов
- Оценка свойств материалов по результатам экспериментов
- Оценка свойств материалов при виртуальных измерениях свойств жгутов
- Модуль позволяет применить инструменты разводки электропроводки в NX для работы с импортированными моделями (проводов, кабелей, траекторий)
- Расчет контактов многожильных кабелей
- Импорт сведений о запасах длины и креплениях кабеля
- Оптимальное распределение поперечных сечений



Прокладка кабелей в NX



Материалы с линейным свойством



Материалы с нелинейным свойством

Таблица функциональных возможностей

Возможности NX и Simcenter 3D Motion

Общие функции	Дополнительные функции																
		NX Motion	Модуль Simcenter 3D Motion Modeling	Решатель Simcenter 3D Motion	Модуль Simcenter 3D Motion Systems and Controls	Модуль Simcenter 3D Motion Flexible Body	Модуль Simcenter 3D Motion Flexible Body Advanced	Модуль Simcenter 3D Motion Standard Tire	Модуль Simcenter 3D Motion CD Tire	Модуль Simcenter 3D Motion MF-Tyre	Модуль Simcenter 3D Motion MF-Swift Tyre	Модуль Simcenter Motion Drivetrain	Модуль Simcenter 3D Motion TWR	Решатель Simcenter 3D Motion Real-Time Desktop	Экспорт Ccode	Решатель в режиме реального времени, фиксированная лицензия	Пакетный решатель 4
Моделирование	Импорт данных из модуля Animation Designer, импорт ограничений в сборках и кинематических моделей из Tecnomatix®	•	•														
	Ассоциативные связи с геометрией деталей и сборок	•	•														
	Быстрое создание простых изображений	•	•														
	Соединения, соединители, задание ограничений	•	•														
	Приводы в кинематических моделях	•	•														
	Моделирование пружин, амортизаторов и втулок	•	•														
	Приложенные силы	•	•														
	Трение в шарнирных соединениях	•	•														
	Начальные условия	•	•														
	Трехмерные контакты между телами и аналитические контакты	•	•														
	Субмеханизмы	•	•														
	Текстовые элементы		•														
	Интеграция с Simcenter Amesim™		•														
	Воспроизведение сигналов во временной области		+	+	+								•				
Постпроцессинг	Создание анимаций	•	•														
	Построение графиков	•	•														
	Построение рабочих зон, проверка наложения деталей, построение траекторий точек, анимация с движением камеры, построение векторов сил	•	•														
	Фиксация различных положений сборки в ходе анимации	•	•														
	Рассмотрение различных случаев нагружения	•	•														
	Передача нагрузок в Simcenter 3D Engineering Desktop	•	•														
	Поддержка различных форматов экспорта (JT™, VRML, видеоролики с анимацией и др.)	•	•														

Возможности модуля Simcenter 3D Flexible Pipe

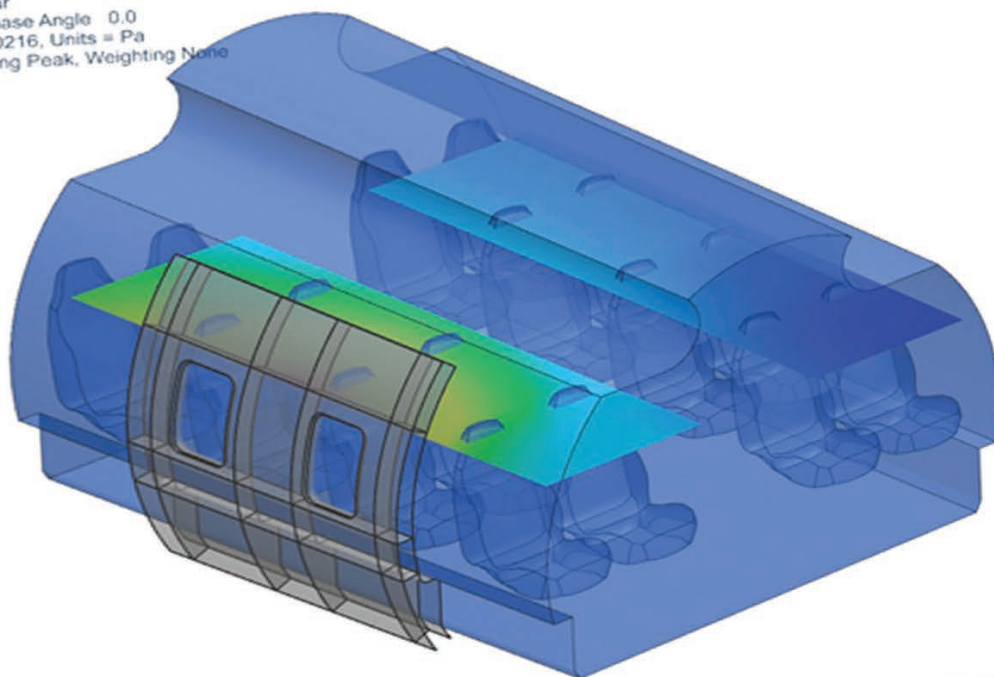
Общие функции		Дополнительные функции															
		NX Motion	Модуль Simcenter 3D Motion Modeling	Решатель Simcenter 3D Motion	Модуль Simcenter 3D Motion Systems and Controls	Модуль Simcenter 3D Motion Flexible Body	Модуль Simcenter 3D Motion Flexible Body Advanced	Модуль Simcenter 3D Motion Standard Tire	Модуль Simcenter 3D Motion CD Tire	Модуль Simcenter 3D Motion MF-Tyre	Модуль Simcenter 3D Motion MF-Swift Tyre	Модуль Simcenter Motion Drivetrain	Модуль Simcenter 3D Motion TWR	Решатель Simcenter 3D Motion Real-Time Desktop	Экспорт Ccode	Решатель в режиме реального времени, фиксированная лицензия	Пакетный решатель 4
Тип расчетов и возможности решателя	Статическое равновесие	•	+	•													
	Симуляция кинематики	•	+	•													
	Динамический анализ	•	+	•													
	Управление приводами при помощи анимации кинематики и электронных таблиц	•	+	•													
	Задаваемые пользователями силы и подпрограммы		+	•													
	Пакетные расчеты сразу на нескольких процессорах		+	+													•
	Решатель в режиме реального времени		+	+										•	+	•	
	Интеграция с Matlab		+	+	•												
	Интеграция с FMU/FMU версий 1.0 и 2.0		+	+	•												
	Интеграция с Generic Co-simulation		+	+	•												
	Моделирование систем управления		+	+	•												
Моделирование податливых тел	Линейные податливые тела		+	+		•											
	Автоматическое создание податливых тел		+	+		+	•										
	Моделирование контактов податливых тел		+	+		+	•										
	Наложение точечных и линейных ограничений на гибкие тела		+	+		+	•										
Трансмиссия	Элементы трансмиссии (двигатель, тахометр, подшипники)		+	+								•					
	Цепные и ременные приводы газораспределительного механизма и вспомогательных механизмов двигателя		+	+								•					
	Создание контактов в зубчатых передачах и других элементах трансмиссии		+	+								•					
Транспортные средства	Моделирование свойств шин и дорожных покрытий		+	+				•	•	•	•						
	Транспортные средства на гусеничном ходу		+	+								•					
Обозначения: • = выполняется самим модулем + = предварительные требования Примечание: Наличие лицензии на Simcenter 3D Engineering Desktop является минимальным предварительным требованием для работы всех продуктов линейки Simcenter 3D. Отдельные модули могут потребовать наличия и другого программного обеспечения.								Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Standard Beam	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Standard Shell	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Optimization	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Linear Dynamic	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Nonlinear Dynamic	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe EC&WH	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Advanced Beam	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Standard Beam и Shell	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Simulation for EC&WH	
Элементы: нечноэлементные расчеты: объекты большой длины и малого диаметра (тормозные шланги, электрические кабели, шланги системы кондиционирования, витые тросы)								•					•	•	•		
Элементы: нечноэлементные расчеты: объекты малой длины и большого диаметра (шланги для подачи воды и воздуха, разъемы)									•						•		
Элементы: нечноэлементные расчеты: в основном объекты с большой толщиной стенки (электрические кабели)									•						•		
Элементы: разъемы, крепления								•	•				•	•	•		Software
Элементы: разделители, коллекторы (в многотрубных системах)								•	•				•	•	•		
Элементы: контроль пересечений с внешними поверхностями								•	•				•	•	•		

Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Standard Beam	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Standard Shell	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Optimization	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Linear Dynamic	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Nonlinear Dynamic	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe EC&WH	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Advanced Beam	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Standard Beam и Shell	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Simulation for EC&WH
Моделирование (продолжение)	Трубные пучки с учетом контактов между трубами						•			•
	Копирование и вставка труб и целых сборок	•	•					•	•	•
	Моделирование гофрированных труб	•	•					•	•	•
	Моделирование гофрированных труб с прорезями		•						•	
	Витые тросы: тросы в оболочке	•	•					•	•	•
Типы расчетов	Квазистатические	•	•					•	•	•
	Монтаж без натяжения	•						•	•	•
	Линейные динамические (в частотной области)				•			•		
	Анализ случайных воздействий (в частотной области)				•			•		
	Нелинейные динамические (во временной области)					•		•		
	Параметрическое проектирование и оптимизация			•						•
	Быстрое обновление моделей (Kineo)	•						•	•	•
Виды материалов	Шланги из резиноподобных материалов			•						•
	Электрические кабели						•			•
	По графикам нагружения 1D-трубного элемента			•			•			•
	Оптимизация сборок из труб			•						•
Постпроцессинг	Представление результатов расчетов и создание анимаций	•	•					•	•	•
	Результаты МКЭ-расчетов, построение графиков, генерация отчетов в формате HTML	•	•					•	•	•
Интеграция с другими продуктами	Интеграция с функциями маршрутизации NX (режим припуска)	•					•	•	•	•
	Интеграция с функциями прокладки кабелей в NX (режим прокладки кабелей и проводов)	•	•					•	•	•
	Совместимость с Teamcenter®	•	•					•	•	•

SIEMENS

Ingenuity for life

Spatial Results Set
DATA SOURCE 1 - 01, , 50Hz
Pressure - Nodal, Scalar
Complex Option : At Phase Angle 0.0
Min : -0.0232, Max : 0.0216, Units = Pa
Acoustic Setting : Scaling Peak, Weighting None



Siemens Digital Industries Software

Мультифизические расчеты в Simcenter 3D

Применение стандартных решателей к
различным видам задач

siemens.com/simcenter3d



Преимущества решения

- Возможность применять стандартные решатели к различным видам задач
- Более безопасные, эффективные и надежные мультифизические расчеты
- Исследование сложных сценариев поведения проектируемых изделий
- Повышение инновационности и эффективности разработки изделий
- Создание безопасных и долговечных изделий, полностью отвечающих функциональным требованиям

Для решения сложных проблем в промышленности требуется анализировать различные физические явления, для чего необходимы междисциплинарные средства численного моделирования. Это оказывает существенное влияние на работу инженеров-расчетчиков. В простейшем случае расчеты явлений оказываются слабо связанными: два или более решателей используются последовательно. Результаты расчета в первом решателе служат входными данными для следующего. Подобные операции выполняются вручную, пока решение не сойдется. К сожалению, многие физические задачи оказываются гораздо более сложными. Чтобы добиться сходимости (когда выполняются все уравнения, описывающие различные физические явления), приходится применять не менее сложные алгоритмы и полностью интегрированные и связанные схемы решений.

В Simcenter™ 3D имеются модули для мультифизического численного моделирования по обоим представленным вариантам. Поддерживаются расчеты тепловых потоков, тепломеханические расчеты, расчеты взаимодействия потоков с твердыми телами, виброакустические, аэровиброакустические, аэроакустические, электромагнитные и тепловые, а также электромагнитно-виброакустические расчеты. Выполняются полностью связанные решения тепломеханических, газогидротепловых и электромагнитно-тепловых задач.

Мультифизические расчеты в Simcenter 3D



Единая интегрированная платформа для мультифизических расчетов

Simcenter 3D объединяет все CAE-решения в единую интегрированную платформу, позволяя применять стандартные решатели к самому широкому кругу задач. Такая интеграция упрощает применение мультифизических расчетов, делая их быстрее, эффективнее и надежнее.

Это позволяет исследовать самое сложное поведение конструкций. Выявление характеристик будущего изделия, преимуществ и недостатков различных вариантов конструкции способствует инновациям. В результате удастся создавать надежные и безопасные изделия, полностью соответствующие функциональным требованиям.

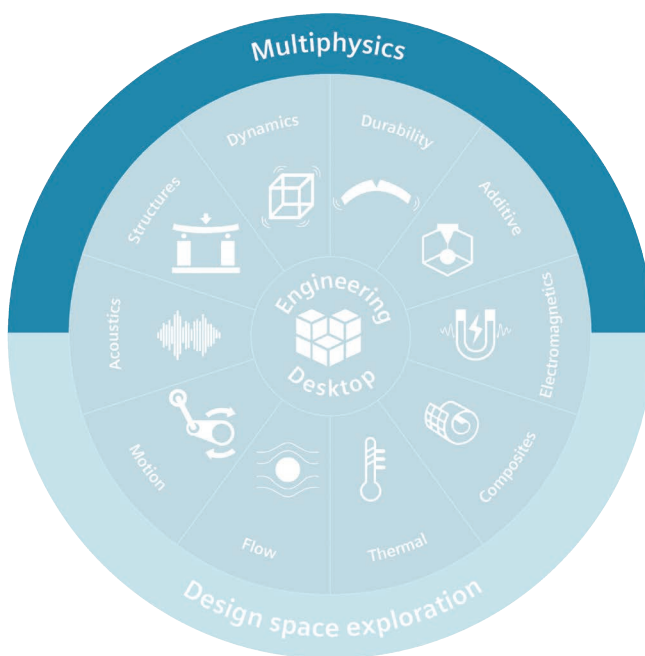
Поддержка мультифизических расчетов

Реалистичное численное моделирование подразумевает учет реально происходящих взаимодействий между физическими явлениями из разных областей. Simcenter 3D в рамках единой платформы объединяет ведущие мировые решатели, что повышает безопасность, эффективность и надежность мультифизических расчетов. Результаты расчета в одном решателе удобно передаются в следующий.

Обеспечивается надежная связь расчетов самых различных физических явлений без необходимости создания сложных внешних связей между данными. Полученные в ходе кинематического расчета нагрузки передаются на этап численного моделирования динамики нескольких тел с учетом наличия податливых тел и влияния систем управления, виброакустических, тепломеханических, тепло-газодинамических и других расчетов с полной или частичной интеграцией. Все проектирование выполняется на основе результатов численного моделирования при постоянной одновременной оптимизации многочисленных атрибутов будущего изделия.

Ускорение мультифизических расчетов

Модели для мультифизических расчетов в Simcenter 3D Engineering Desktop создаются при помощи единого набора инструментов с полной ассоциативностью между CAE- и CAD-данными. К полученным результатам расчетов легко добавить дополнительные физические расчеты, выбрав соответствующие физические свойства и граничные условия. При этом поддерживается полная ассоциативность с максимальным повторным использованием имеющихся данных.



Варианты применения

Решения для мультифизических расчетов Simcenter 3D помогают конструкторам из различных отраслей глубоко изучить сложное поведение будущих изделий в реальных условиях эксплуатации и тем самым усовершенствовать конструкции.

Аэрокосмическая и оборонная промышленность

- Планеры самолетов
 - Тепловые и механические напряжения в обшивке и каркасе
 - Виброакустические расчеты уровня звукового давления в салоне, вызываемого нагрузками на фюзеляж от турбулентного пограничного слоя
 - Оценка аэроакустических шумов в салоне от системы кондиционирования
 - Тепловые и гидрогазодинамические расчеты для прогнозирования температур в системе вентиляции
 - Расчет процесса отвердевания композитных деталей для оценки деформаций
- Авиадвигатели
 - Тепловые и механические напряжения и деформации в компрессоре и турбине
 - Тепловые и гидрогазодинамические расчеты для прогнозирования температур и давлений потока в двигателе
 - Гидрогазодинамические и аэроакустические расчеты шума пропеллеров
 - Электромагнитные и виброакустические расчеты шумов электродвигателя гибридных летательных аппаратов
 - Электромагнитные и тепловые расчеты электродвигателей
- Аэрокосмическая и оборонная промышленность
 - Космические спутники: Тепловые и механические расчеты температур и тепловых деформаций в орбитальном полете
 - Космические спутники: Виртуальные виброакустические прочностные испытания космических аппаратов, подверженных высоким акустическим нагрузкам во время запуска
 - Ракетоносители: Расчет тепловых и механических напряжений и температур в ракетных двигателях

Автомобили и наземный транспорт

- Кузов
 - Виброакустические расчеты шумов в салоне от двигателя и подвески
 - Гидрогазодинамические и виброакустические расчеты ветровых шумов в салоне
 - Тепловые и гидрогазодинамические расчеты для прогнозирования температур и тепловых потерь в системе вентиляции

- Трансмиссии
 - Виброакустические расчеты шумов от двигателя, трансмиссии и выхлопной системы
 - Тепловые и гидрогазодинамические расчеты для прогнозирования температур и системах охлаждения и выхлопной системе
 - Электромагнитные и виброакустические расчеты шумов электродвигателя
 - Электромагнитные и тепловые расчеты для анализа характеристик электродвигателей

Судостроение

- Силовые установки
 - Виброакустические расчеты шумов от двигателя и трансмиссии, анализ потерь в выхлопной системе
 - Гидрогазодинамические акустические расчеты для прогнозирования звукового излучения, вызванного давлением потока воды на лопасти винта
 - Тепловые и гидрогазодинамические расчеты для прогнозирования температур в системах трубопроводов
 - Механические напряжения в корпусе, вызываемые нагрузкой от волн
 - Электромагнитные и тепловые расчеты электрических двигательных установок

Потребительские товары

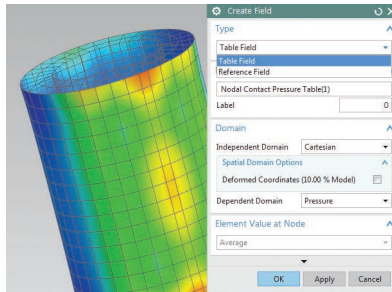
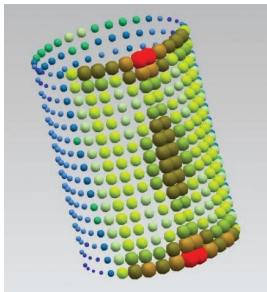
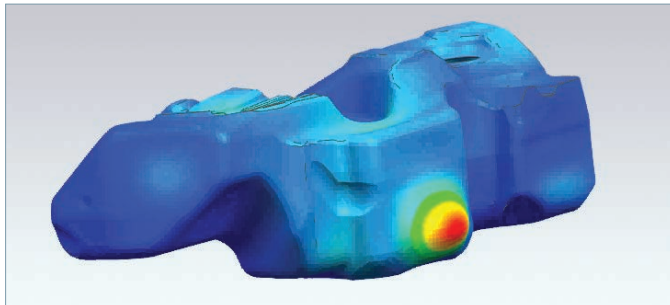
- Упаковка
 - Тепловые и гидрогазодинамические расчеты технологических процессов изготовления пластиковых компонентов
 - Расчеты остывания пресс-форм

Электроника

- Корпуса электронных приборов
 - Тепловые и гидрогазодинамические расчеты для прогнозирования температур электронных компонентов и потоков воздуха в электронных устройствах
 - Гидрогазодинамические и аэроакустические расчеты шума вентиляторов охлаждения, вызванного давлением потока воздуха на лопасти пропеллера
- Печатные платы
 - Тепловые и механические расчеты напряжений и деформаций

Повышение эффективности и надежности мультифизических расчетов

Simcenter 3D преобразует результаты одного расчета в граничные условия для проведения следующего. При этом конечноэлементные сетки могут быть различными, а операция сопоставления имеет множество настроек.



Преимущества

- Более эффективные и надежные мультифизические расчеты благодаря оптимизированному процессу разработки, выполняемому в интегрированной среде

Основные характеристики

- Построение полей на основе результатов расчетов и их дальнейшее использование в качестве граничных условий. Создание таблиц или полей, 3D-представление постоянным или переменным шагом по времени, представление скалярных (температура) и векторных (перемещение) величин
- Передача результатов расчета температуры в модуле Simcenter 3D Thermal в решатель Simcenter Nastran®
- Передача результатов расчета давлений и температур в модуле Simcenter 3D Flow в решатель Simcenter Nastran
- Результаты анализа перемещений в Simcenter Nastran передаются для акустических расчетов методом конечных и граничных элементов
- Передача результатов расчета давлений и температур в Simcenter STAR-CCM+™ на этап аэровиброакустического анализа
- Передача полученных на этапе расчета электромагнитных явлений сил в статоре на этап виброакустического анализа
- Поддерживается передача результатов в сторонние решатели: ANSYS, ABAQUS, MSC Nastran, LS-DYNA

Комбинированные мультифизические расчеты при решении прочностных и тепловых задач

Модуль Simcenter 3D Advanced Thermal — Это среда мультифизических расчетов, предназначенные для решения тепломеханических задач по схемам с высокой (двусторонний обмен данными) и низкой (односторонний обмен данными) степенью интеграции.

Эта среда с единым пользовательским интерфейсом предназначена для проведения мультифизических расчетов с использованием одной и той же сетки конечных элементов, а также общих типов элементов, свойств материалов, граничных условий и режимов работы решателей.

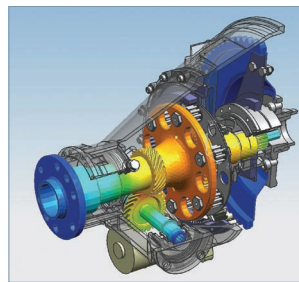
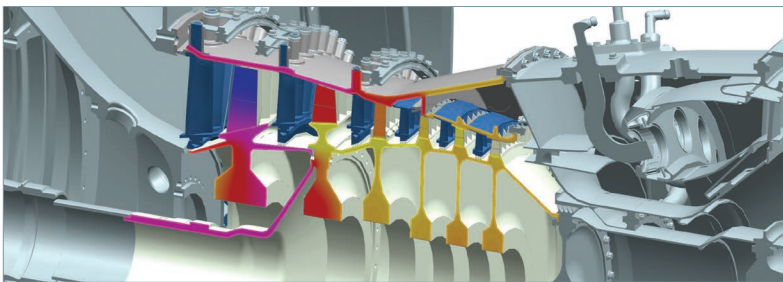
В комбинированных тепловых и прочностных расчетах используется многошаговый нелинейный решатель Simcenter Nastran и решатель тепловых задач Simcenter 3D Thermal.

Преимущества

- Расширение возможностей механических и тепловых расчетов в Simcenter 3D для анализа сложных физических явлений при помощи широкого набора инструментов моделирования
- Сокращение потребности в изготовлении дорогостоящих опытных образцов снижение рисков при проектировании изделий благодаря проведению высокоточных тепломеханических расчетов
- Углубленная оценка физических характеристик будущих изделий
- Использование всех возможностей интегрированной среды Simcenter 3D для быстрого проведения конструкторских изменений и получения тепловых характеристик изделия

Основные характеристики

- Расширенные возможности комбинированного численного моделирования тепломеханических явлений в турбомашинном оборудовании и вращающихся узлах
- Интегрированный тепломеханический анализ в Simcenter Nastran с использованием осесимметричных, 2D- и 3D-представлений
- Многоэтапные нелинейные расчеты в Simcenter Nastran с использованием стандартных решателей Simcenter Thermal



Комбинированные мультифизические расчеты гидрогазодинамических и тепловых задач

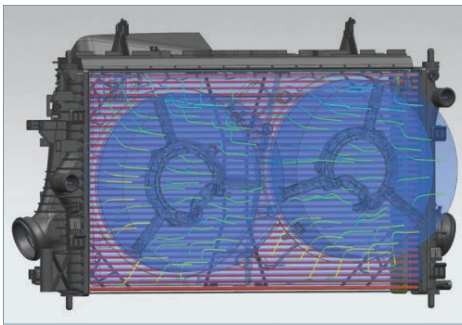
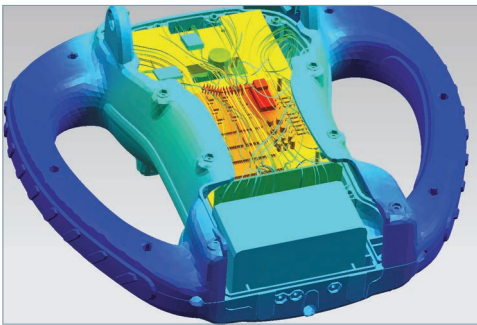
Модуль Simcenter 3D Advanced Flow — мощное интегрированное средство решения задач вычислительной гидрогазодинамики. Вместе с модулями Simcenter 3D Thermal и Simcenter 3D Advanced Thermal модуль Simcenter 3D Advanced Flow решает широкий спектр мультифизических задач, требующих тесной интеграции гидрогазодинамических расчетов и расчетов теплопередачи.

Преимущества

- Оценка характеристик изделия при помощи интегрированного теплогидрогазодинамического мультифизического расчета
- Быстрое получение результатов в единой среде, что обеспечивает быстрый переход от проектирования к получению результатов расчетов

Основные характеристики

- Учет сложных явлений сопряженного теплопереноса
- Параллельные гидрогазодинамические вычисления сокращают время расчета
- Комбинированные гидрогазодинамические расчеты 1D- и 3D-подмоделей гарантируют эффективное моделирование самых сложных систем



Комбинированные мультифизические расчеты динамических и акустических задач

Модуль Advanced Acoustics расширяет возможности решателя Simcenter Nastran при расчете распространения внешнего шума от вибрирующей поверхности по технологии автоматически согласуемого слоя (AML). Simcenter Nastran входит в состав Simcenter — пакета решений для численного моделирования, предназначенного для проведения прочностных, динамических и акустических расчетов. Модуль Simcenter Nastran Advanced Acoustics выполняет полностью интегрированные виброакустические расчеты при решении задач внутренней и внешней акустики.

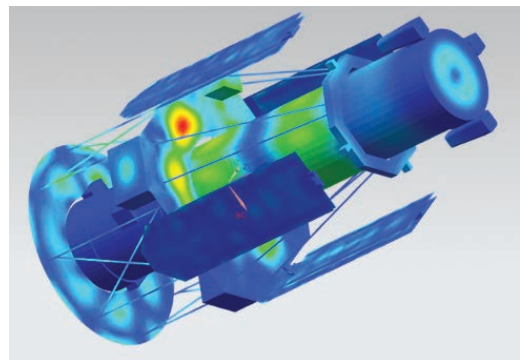
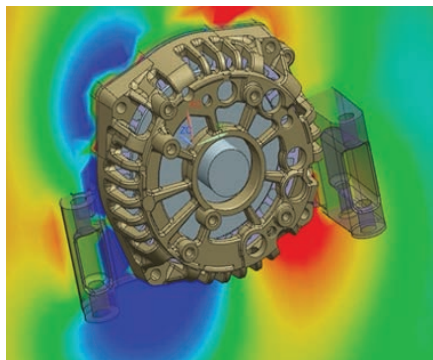
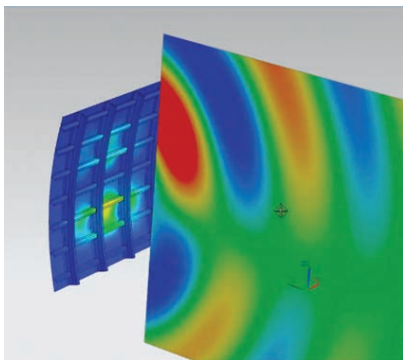


Преимущества

- Удобные виброакустические расчеты с высокой и низкой степенью интеграции
- Быстрое и эффективное решение акустических задач в конечноэлементном решателе нового поколения с адаптируемым порядком сетки

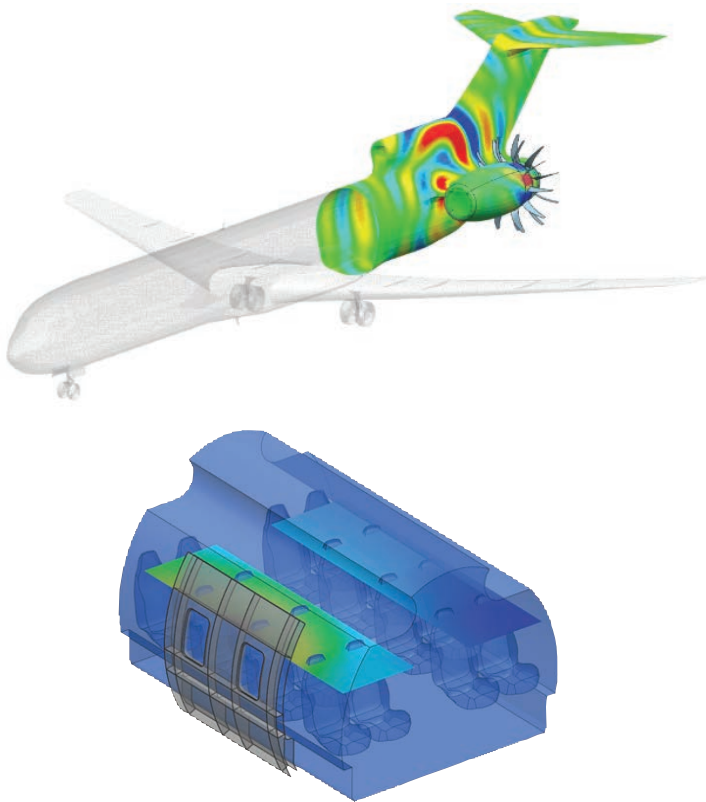
Основные характеристики

- Численное моделирование акустических характеристик — внутри изделия, снаружи и смешанных
- Правильное применение беззховых граничных условий (идеально поглощающие поверхности без отражения звука)
- Правильное представление нагрузок, полученных на предыдущих этапах расчета: анализ механических систем многих тел, расчеты нагрузок на конструкцию от давления потока, расчеты электромагнитных сил в электрических машинах
- Акустический и виброакустический анализ пористых материалов отделки (жестких и мягких)
- Просмотр результатов в конкретном узле сетки или в произвольных точках установки микрофона
- Задание бесконечных плоскостей для расчетов акустических излучений вибрирующих конструкций, находящихся рядом с отражающими звук поверхностями земли и стен



Модуль Simcenter 3D Aero-Vibro-Acoustics

Данный модуль выполняет создание аэроакустических источников, расположенных рядом с излучающими звук турбулентными потоками. Это позволяет оценивать их внешний и внутренний акустический отклик: например, шум от системы отопления, вентиляции и кондиционирования или системы жизнеобеспечения, колесных тележек и пантографов поездов, вентиляторов в системе охлаждения, гребных винтов судов и пропеллеров самолетов. Модуль предусматривает задание ветровых нагрузок, действующих на несущие панели и вызывающих виброакустический отклик (например, в автомобиле или самолете).



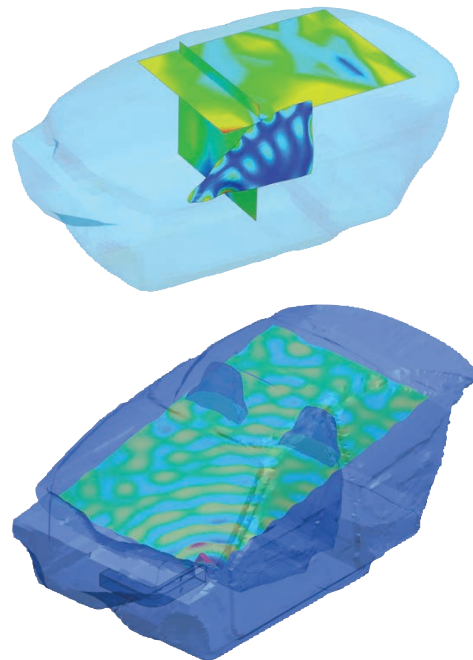
Преимущества модуля

- Построение упрощенных аэроакустических источников на основании давления на неподвижные и вращающиеся поверхности
- Удобная и масштабируемая подготовка нагрузок для аэровиброакустических расчетов шума ветра
- Импорт двоичных файлов с нагрузками непосредственно из решателя Simcenter Nastran при расчетах отклика

Основные характеристики

- Консервативное сопоставление результатов гидрогазодинамических расчетов давления с сетками для акустических и прочностных расчетов
- Дипольные источники, эквивалентные аэроакустическим поверхностям
- Источники типа «вентилятор», эквивалентные аэроакустическим поверхностям с учетом тонального и широкополосного шума

Расчет ветровых нагрузок при помощи либо полуэмпирических моделей турбулентного пограничного слоя, либо сопоставленных нагрузок, полученных в результате гидрогазодинамических расчетов



Модуль Simcenter 3D Electromagnetics/Thermal

Модуль Simcenter MAGNET™ Thermal применяется для точных расчетов распределения температур при нагреве и охлаждении электромеханических устройств. Simcenter 3D полностью интегрирован с решателем Simcenter MAGNET, что позволяет выполнять следующие виды расчетов: результаты расчета потери мощности в Simcenter MAGNET используются как источники тепла, что позволяет рассчитывать влияние перепадов температуры на конструкцию и характеристики изделия.

Каждый модуль предназначен для решения конкретных задач разработки изделий. Предусмотрена отдельная поддержка 2D- и 3D-представления проектных решений.

Преимущества модуля

- Высокая точность благодаря учету влияния температуры при проведении электромагнитных расчетов
- Использование высокоэффективных комбинированных расчетов

Основные характеристики

- Расчет распределения температур от источников тепла при наличии теплопроводных материалов
- Комбинированные расчеты тепловых эффектов вихревых токов и гистерезисных потерь в магнитных системах с применением решателя Simcenter MAGNET

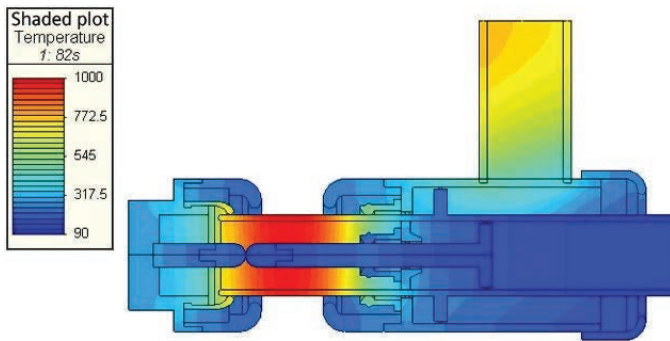




Таблица функциональных возможностей

Общие функции	Виды интеграции расчетов		Используемые программные решения							
	Низкая интеграция	Высокая интеграция	Модули Simcenter 3D для прочностных расчетов	Модули Simcenter 3D для акустических расчетов	Модули Simcenter 3D для тепловых расчетов	Модули Simcenter 3D для гидрогазодинамических расчетов	Модули Simcenter 3D для расчетов электромагнитных явлений	Модули Simcenter 3D для кинематических расчетов	Другие решения линейки Simcenter	Сторонние инструменты
Обозначения: • = тип интеграции расчетов В = расчеты вибрации А = расчеты акустикиЖ Г = гидрогазодинамические расчеты Т = тепловые расчеты М = прочностные расчеты механических систем С = прочностные расчеты Э = расчеты электромагнитных явлений ГТ = расчеты гибких тел СМТ = динамика систем многих тел У = системы управления										
Поддерживаемые типы расчетов										
Виброакустические расчеты (В-А)	•	•	ВА	ВА				В		В
Тепломеханические расчеты (Т-М)	•	•	М		Т					
Газодинамические-тепловые расчеты (Г-Т)	•	•			Т	ЖГ			ЖГ	ЖГ
Взаимодействие жидкостей и газов с твердыми телами (ЖГ-ТТ)	•	•	ТТ			ЖГ			ЖГ	
Взаимодействие жидкостей и газов с твердыми телами	•	•	ТТ		Т	ЖГ			ЖГ	
Аэроакустические расчеты (П-А)	•		А	А					ЖГ	ЖГ
Аэроакустические расчеты (ЖГ-В-А)	•	•	В-А	В-А					ЖГ	ЖГ
Расчеты теплоэлектромагнитных явлений (Т-Э)	•	•					Т-Э			
Виброакустические расчеты и Расчеты теплоэлектромагнитных явлений (В-А-Э)	•		В-А	В-А			Э			Э
Расчет динамики систем многих тел, в том числе гибких (СМТ-ГТ)	•		ГТ					СМТ		ГТ
Кинематическое моделирование систем управления (СМТ-У)		•						СМТ	У	У

SIEMENS

Ingenuity for life



Siemens Digital Industries Software

Тепловые расчеты в Simcenter 3D

Моделирование нелинейного теплообмена
и теплообмена в переходном режиме

[siemens.com/simcenter3d](https://www.siemens.com/simcenter3d)



Преимущества решения

- Использование всех возможностей интегрированной среды Simcenter 3D для быстрого проведения конструкторских изменений и получения тепловых характеристик изделия
- Применение решателя Simcenter Nastran для расчета эффектов термоупругости и проведения комбинированных физических расчетов
- Минимизация трудоемких переделок моделей и устранение ошибок благодаря прямому интерфейсу с ECAD-системами
- Анализ явлений конденсации, расчет влажности и переноса частиц пыли в электронных системах
- Точное и быстрое прогнозирование тепловых характеристик орбитальных космических аппаратов
- Высокопроизводительная совместная работа специалистов благодаря простой интеграции системы типовых расчетов с процессами конструкторско-технологической подготовки производства

Simcenter™ 3D — это полнофункциональное решение моделирования нелинейного теплообмена и теплообмена в неуставившемся режиме с учетом теплопроводности, конвекции, излучения и фазовых переходов. В нем имеются специализированные инструменты тепловых расчетов, в том числе — быстрых расчетов тепловых контактов, обширная библиотека физических моделей, широкий выбор тепловых нагрузок и граничных условий. Это обеспечивает гибкость и удобство при решении самых сложных термических задач.

Надежный анализ тепловых характеристик изделий

Simcenter 3D от Siemens Digital Industries Software — передовое решение для расчетов процесса теплопередачи. Оно непрерывно совершенствуется уже более 30 лет. В системе имеется библиотека элементов, материалов и физических моделей, интегрированная с высокоточным многофункциональным решателем. Помимо этого стоит отметить интуитивно понятные функции пре- и постпроцессинга, ориентированные на специалистов по тепловым расчетам.

Тепловые расчеты в Simcenter 3D

Расчеты теплопередачи в разнородных средах

Simcenter 3D автоматически выявляет тепловые контакты между деталями даже в случае использования в них разнородных сеток и несовпадающей геометрии. Кроме того, отсутствуют требования по совмещаемости сеток и минимальному расстоянию между ними, что значительно ускоряет построение и расчет больших сборок.

Высокая производительность при самых сложных расчетах

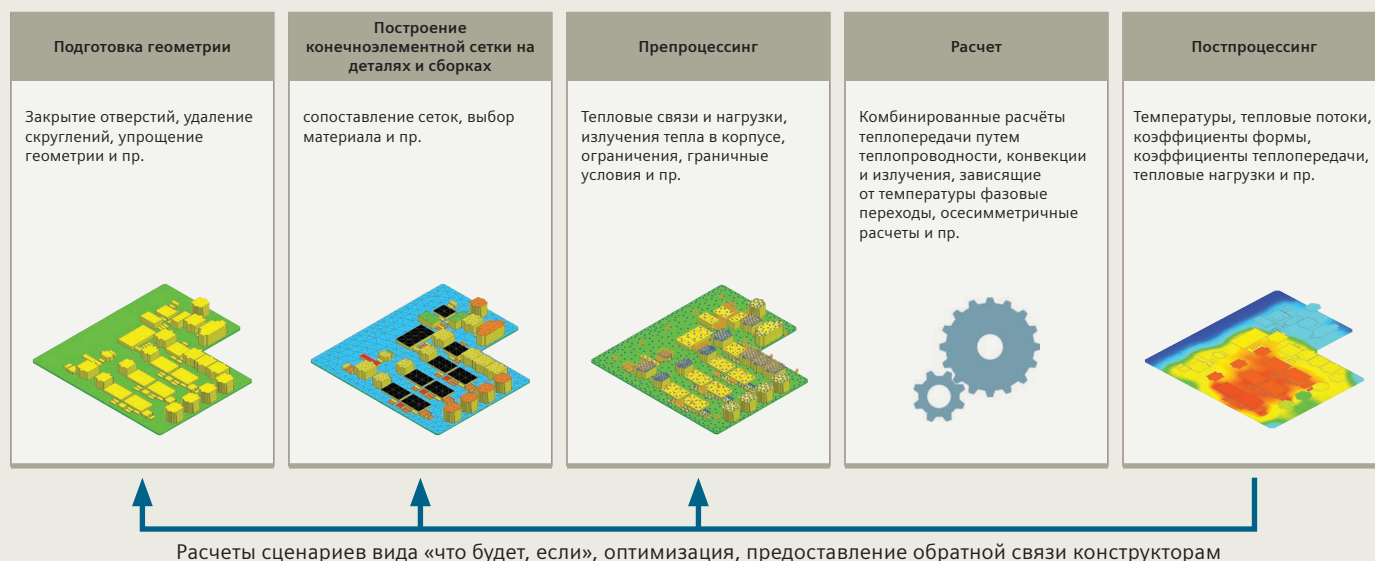
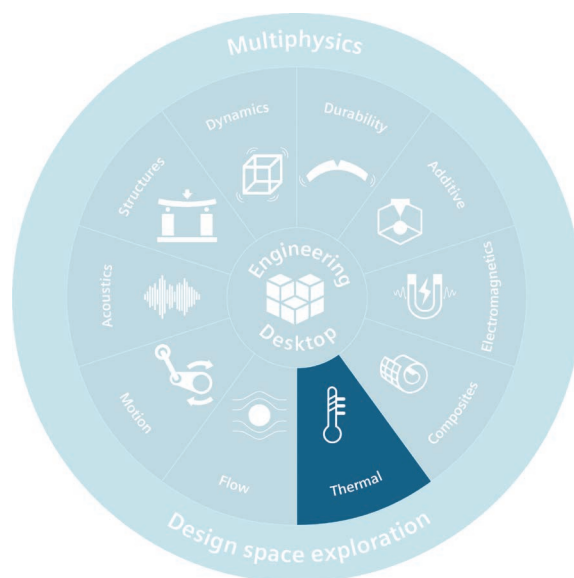
Возможности тепловых расчетов Simcenter 3D нашли применение в самых различных отраслях. Модуль Simcenter 3D Space Systems Thermal предназначен для оценки тепловых характеристик орбитальных и межпланетных космических аппаратов. Модуль Simcenter 3D Advanced Thermal предоставляет самые широкие возможности тепловых расчетов авиационных двигателей.

Автоматизация и пользовательские настройки для работы с самыми различными моделями

Инструменты Simcenter 3D для тепловых расчетов поддерживают расширяемую архитектуру решателей с возможностью добавления пользовательских программ, модулей расширения и расчетных формул. Открытый интерфейс прикладного программирования (API) предназначен для автоматизации и адаптации процессов разработки изделия в соответствии с потребностями конкретной отрасли.

Платформа для комбинированных расчетов

Решения Simcenter 3D для тепловых расчетов являются частью интегрированной междисциплинарной среды численного моделирования, основой которой является Simcenter 3D Engineering Desktop — централизованная платформа пре- и постпроцессинга для всех решений линейки Simcenter 3D. Эта интегрированная среда помогает ускорить процессы CAE-расчетов и оптимизировать междисциплинарное численное моделирование — например, тепломеханические расчеты на основе результатов прочностных расчетов или комбинированное решение задач сопряженного теплопереноса и гидрогазодинамики.



Варианты применения

Инструменты тепловых расчетов в Simcenter 3D решают различные задачи теплопередачи в авиационно-космической промышленности, автомобилестроении, производстве электроники, энергетике, перерабатывающей и других отраслях.

Автомобилестроение и транспорт

В Simcenter 3D можно выполнять самые различные сценарии расчетов: анализ тепловых характеристик в подкапотном пространстве, расчеты тепловых режимов трансмиссии, нагрева и температур световых приборов. Инструменты тепловых расчетов в Simcenter 3D — это полнофункциональное решение для проектирования электромобилей, в том числе — аккумуляторных батарей и отсеков для них.

Авиационно-космическая и оборонная промышленность

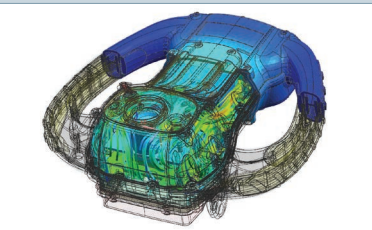
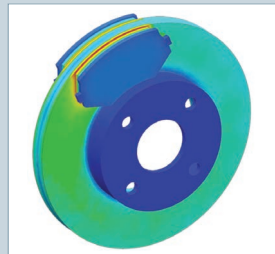
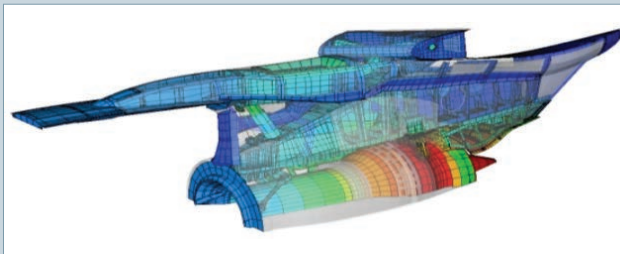
Simcenter 3D рассчитывает тепловые характеристики отдельных элементов бортовых авиационных систем. В Simcenter Nastran® выполняются тепловые или комбинированные тепломеханические расчеты турбины, компрессора и всего авиационного двигателя. Рассеяние тепла электрическими компонентами моделируется по нелинейным зависимостям Джоуля. Эффективно моделируются аэротермические явления и процессы абляции.

Электроника и потребительские товары

Модули для тепловых расчетов в Simcenter 3D успешно применяются при проектировании компактных и сложных электронных устройств. Например, выявляются зоны рециркуляции и места перегрева. тепловые характеристики рассчитываются с учетом переменной и ортотропной теплопроводности и теплоемкости. Выполняется моделирование радиаторов и подбор способа охлаждения.

Технологическое оборудование

Simcenter 3D применяется для расчета таких процессов как лазерная резка и абляция, тепловые характеристики сварки, анализ охлаждения литейных форм и тепловые расчеты фазовых переходов. При использовании «системы холодильной цепи» Simcenter 3D прогнозирует качество замороженных и чувствительных к перепадам температуры материалов в ходе транспортировки.



Тепломеханические расчеты целого двигателя

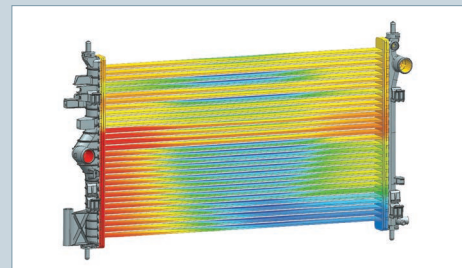
Тепловые характеристики космических аппаратов

Анализ охлаждения электронных приборов

Нагрев аппаратов на орбите

Тепловые режимы трансмиссии

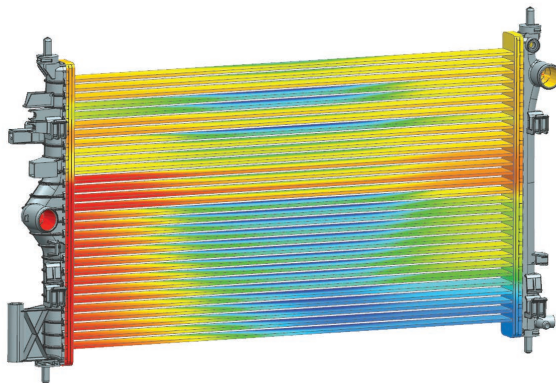
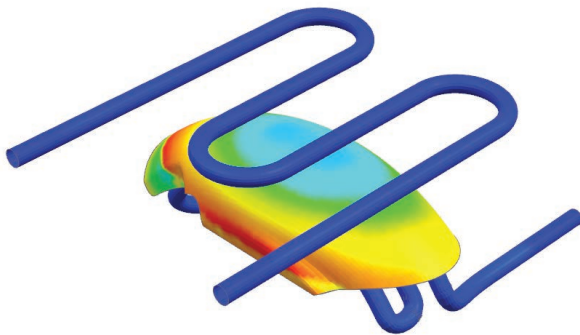
Контроль «холодильной цепи»





Модуль Simcenter 3D Thermal

Модуль Simcenter 3D Thermal позволяет выполнить численное моделирование теплопередачи, конвекции и излучения в сложных изделиях и больших сборках. Решатель Simcenter 3D Thermal основывается на методе конечных элементов и конечных объемов для точного и эффективного расчета теплопередачи.



Преимущества модуля

Применение решателя Simcenter Nastran для анализов тепломеханических явлений и проведения комбинированных физических расчетов

Полная поддержка конечноэлементных расчетов самых сложных систем

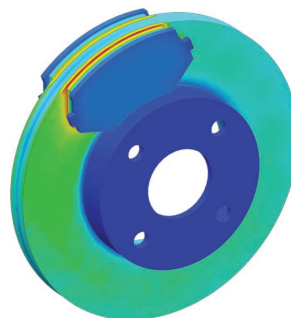
Основные характеристики

Решение связанных задач моделирования теплопередачи путем расчета теплопроводности, излучения и конвекции в стационарных и переходных режимах

Осесимметричное моделирование и расчет нелинейных тепловых характеристик

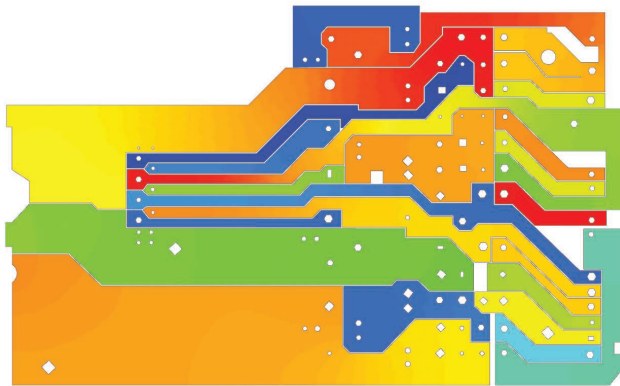
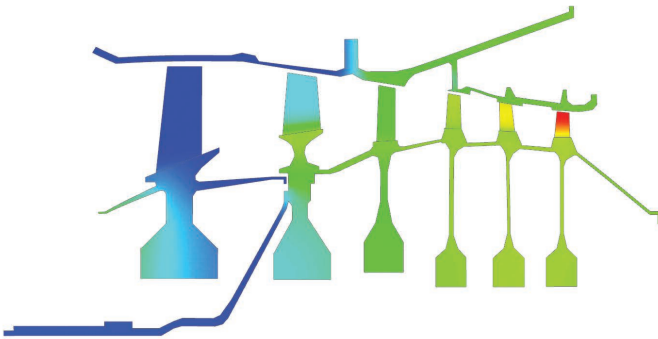
Тепловое объединение ребер и граней несвязанных и неоднородных конечноэлементных сеток

Переменные в пространстве коэффициенты теплопередачи задаются в тепловых граничных условиях



Модуль Simcenter 3D Advanced Thermal

Модуль Simcenter 3D Advanced Thermal поддерживает широкий выбор методик сложных расчетов излучения, оптических свойств, моделей тепловыделения электрооборудования, 1D-моделей гидравлических систем и моделей свойств материалов, учитывающих фазовые переходы, обугливание и абляцию. Предусмотрено моделирование устройств терморегуляции.



Преимущества модуля

Решение сложных задач теплопередачи с применением широкого набора инструментов численного моделирования

Огромные возможности тепловых расчетов в модулях Simcenter 3D Thermal и Simcenter 3D Electronic Systems Cooling

Открытая архитектура позволяет подключать пользовательские подпрограммы и получить полный контроль над решением

Решатель тепловых задач поддерживает параллельные вычисления и расчеты коэффициента формы, что повышает эффективность и сокращает сроки анализа

Основные характеристики

Моделирование зависящих от направления оптических свойств, расчет двумерной функции распределения отражательной способности (BRDF)

Учет зависящих от длины волны свойств отличных от серых тел

Расширенные методы расчёта излучения: детерминированные алгоритмы трассировки лучей, алгоритмы Монте-Карло, учет многодиапазонной теплопередачи излучения отличных от серых тел

Модуль Simcenter 3D Space Systems Thermal

Модуль Simcenter 3D Space Systems Thermal предназначен для проведения анализа тепловых режимов орбитальных космических аппаратов в среде Simcenter 3D. Модуль Simcenter 3D Space Systems Thermal помогает решать тепловые задачи на ранних этапах проектирования. Это исключительно полезные средства прогнозирования и понимания тепловых явлений, происходящих в орбитальных и межпланетных космических аппаратах.

Преимущества модуля

Точное и быстрое прогнозирование тепловых характеристик орбитальных космических аппаратов

Высокопроизводительная совместная работа специалистов благодаря простой интеграции системы тепловых расчетов с процессами проектирования и подготовки производства

Автоматизированная система повышает эффективность процессов: не требуется дополнительных файлов со входными данными, а расчет выполняется за один проход

Основные характеристики

Модели орбитального нагрева для всех планет Солнечной системы

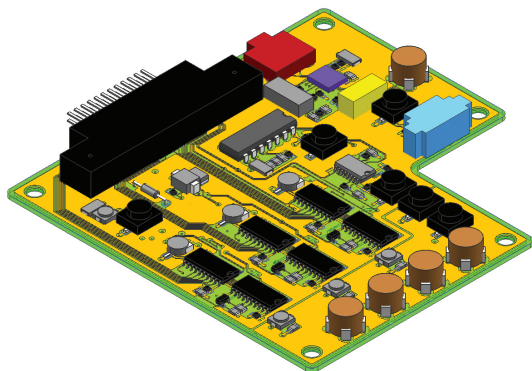
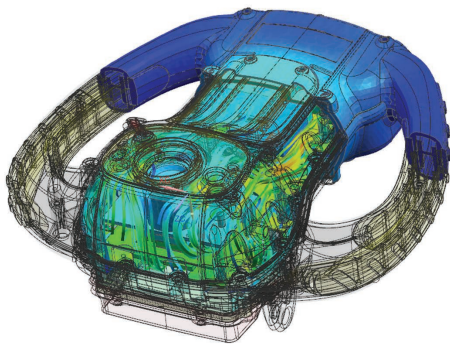
Средства расчета коэффициента формы в переходном режиме для поворотных конструкций — в частности, солнечных батарей с системой наведения на Солнце или направленных антенн

Моделирование многослойных оболочек (многослойная теплоизоляция, композитные панели, панели теплозащиты)



Модуль Simcenter 3D Electronic Systems Cooling

Simcenter 3D Electronic Systems Cooling — это отраслевой модуль, использующий решатели Simcenter 3D Flow и Simcenter 3D Thermal, а также систему NX™ и модуль NX PCB Exchange в единой интегрированной среде мультифизических расчетов. Такая среда выполняет численное моделирование 3D-воздушных потоков и теплогидродинамические расчеты теплочувствительных электронных систем высокой плотности.



Преимущества модуля

Численное моделирование 3D-воздушных потоков и тепловых характеристик электронных систем

Минимизация трудоемких переделок моделей и устранение ошибок благодаря прямому интерфейсу с системами автоматизированного проектирования электрооборудования (ECAD)

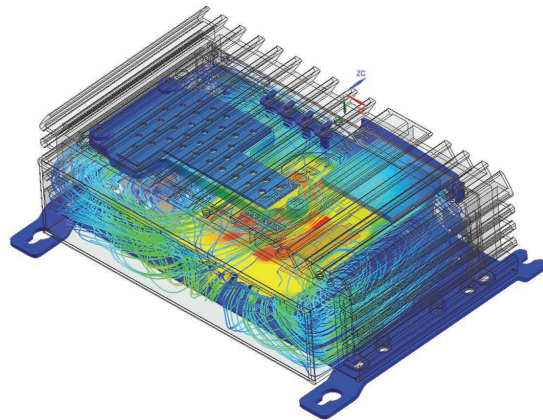
Расчет явлений конденсации, влажности и переноса частиц пыли в электронных системах

Основные характеристики

В модуле NX PCB Exchange полные трехмерные модели печатных плат создаются на основе схем, разрабатываемых в ведущих системах разводки жестких и гибких печатных плат от таких компаний, как Siemens Digital Industries Software, Zuken, Cadence и Altium

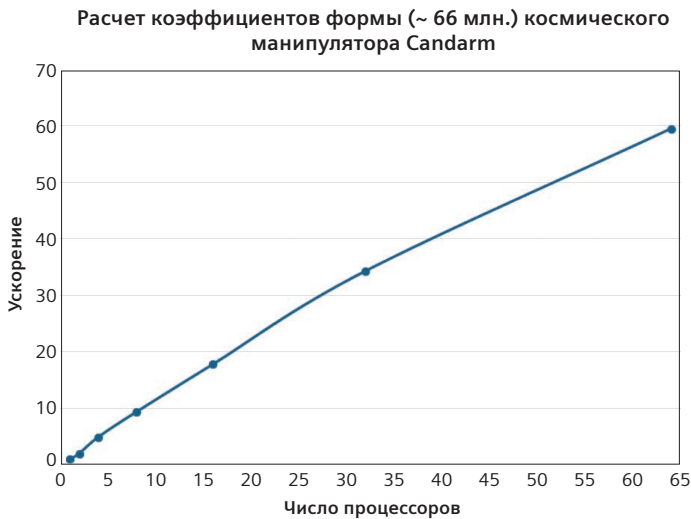
Расчет коэффициента формы корпусов по методу полукуба (используется графический процессор)

В комплект входит расширяемый каталог характеристических кривых вентиляторов



Модуль Simcenter 3D Thermal HPC

Модуль Simcenter 3D Thermal для высокопроизводительных вычислительных систем (HPC) работает на многопроцессорных компьютерах или многокомпьютерных кластерах. Одна лицензия на модуль Simcenter 3D Thermal low HPC вместе с лицензиями на необходимые решатели позволяет задействовать любое количество процессоров.



Преимущества модуля

Гибкость: расчеты можно выполнять как на отдельном компьютере, так и в сети или в кластере

Повышение отдачи от инвестиций в компьютерное оборудование, значительный рост эффективности

Основные характеристики

Процессорные ядра могут находиться в одном компьютере, в различных устройствах вычислительной сети либо в отдельном вычислительном кластере

Ограничения на максимальное число вычислительных ядер устраняются. Поэтому скорость расчетов зависит только от числа ядер, а не от числа имеющихся лицензий

Для решения крупномасштабных тепловых задач применяются специальные методики декомпозиции по областям

Решатель Simcenter 3D Thermal поменяет параллельные расчеты коэффициентов формы при анализе излучения, нагрева излучением и построения тепловых моделей

Таблица функциональных возможностей

Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Thermal	Модуль Simcenter 3D Advanced Thermal	Модуль Simcenter 3D Space Systems Thermal	Модуль Simcenter 3D Electronic Systems Cooling	Модуль Simcenter 3D Thermal HPC
Решатели	Использование распределенной памяти с параллельной архитектурой для тепловых расчетов	+	+	+	+	•
	Параллельные тепловые расчеты (с последовательным решателем)		•	•	•	•
	Решение мультифизических задач		+	+		•
	Многопоточность		•	•	•	
	Пользовательские подпрограммы		•	•	•	
Экспорт файлов в форматах	CGNS				•	
	esatan			•		
	INPF	•		•	•	
	Сопоставление ограничений	•		•	•	
	Примитивы			•		
	Sinda-85			•		
Импорт файлов в форматах	CGNS				•	
	рабочий файл I-DEAS	•		•	•	
	INPF	•		•	•	
	NX xml	•		•	•	
	plot3d				•	
	Примитивы			•		
	Универсальный	•		•	•	
Моделируемые объекты	Абляция и обугливание		•	•		
	Активный регулятор температуры		•	•	•	
	Дополнительные параметры потока				•	
	Дополнительные тепловые параметры	•		•	•	
	Исходная область осевой симметрии (только в режиме мультифизических расчетов)	•		•		
	Конвективные свойства				•	
	Коррекция конвекции канала		•	•		
	Потеря давления в канале		•	•		
	Внешние условия				•	
	Внешний решатель					
	Регулятор скорости вентилятора				•	
	Общий объект	•		•	•	
	Соединения		•	•		
	Отслеживание положения на орбите			•		
	Слой	•		•	•	
	Настройки метода Монте-Карло		•	•	•	
	Запрос результатов тепловых мультифизических расчетов					
	Негеометрические элементы	•		•	•	

Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Thermal	Модуль Simcenter 3D Advanced Thermal	Модуль Simcenter 3D Space Systems Thermal	Модуль Simcenter 3D Electronic Systems Cooling	Модуль Simcenter 3D Thermal HPC
Моделируемые объекты (продолжение)	Орбита			•		
	Слой печатной платы			•	•	
	Сквозная перемычка платы			•	•	
	Плоская потеря давления				•	
	Базовая температура	•		•	•	
	Исходная область для вращательной периодичности (только в режиме мультифизических расчетов)	•		•		
	Целевая температура	•		•	•	
	Изменение целевой температуры	•		•	•	
	Тепловые параметры (только в режиме мультифизических расчетов)	•		•		
	Исходная тепловая область	•		•		
	Термооптические свойства	•		•	•	
	Расширенные термооптические свойства		•	•		
	Термооптические состояния		•	•		
	Термостат	•		•	•	
	Пустые негеометрические элементы		•	•		
Нагрузки	Сила тяжести (составляющие, величина и направление)		•	•		
	Вращение (часть модели и вся модель в целом)		•	•		
	Область тепловой конвекции		•	•		
	Тепловые нагрузки (тепловой поток, генерация тепла)	•		•	•	
	Тепловой поток		•	•		
	Тепловые пустоты (с указанием регионов)		•	•		
Ограничения	Область конечной ассоциативности	•			•	
	Конвекция в среде	•		•	•	
	Начальные условия	•	•	•	•	
	Пленочное охлаждение		•			
	Набор исходных соответствий потока				•	
	Сопоставление	•		•	•	
	Целевая область для вращательной периодичности	•		•	•	
	Простое излучение среды	•		•	•	
	Область симметрии конечного объекта	•		•	•	
	Температура	•		•	•	
	Набор поперечных целевых пар градиента	•			•	

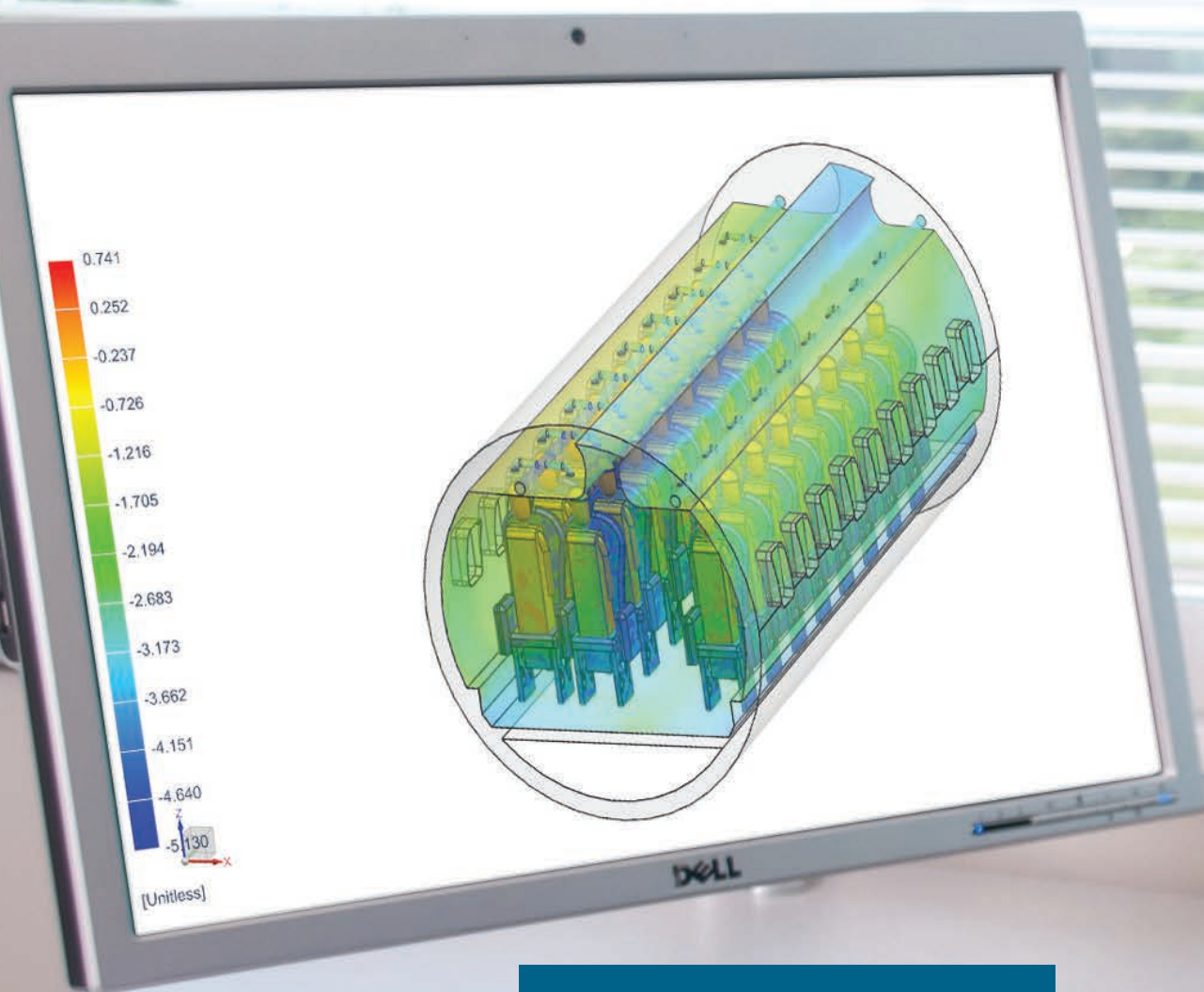
Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Thermal	Модуль Simcenter 3D Advanced Thermal	Модуль Simcenter 3D Space Systems Thermal	Модуль Simcenter 3D Electronic Systems Cooling	Модуль Simcenter 3D Thermal HPC
Объекты для численного моделирования	Расширенная тепловая связь		•	•		
	Связь конвекции		•	•		
	Настройка деактивации	•		•		
	Расширенная настройка деактивации		•	•	•	
	Пары несвязанных сеток				•	
	Граничные условия потоков в трубе		•	•	•	
	Блокирование потока				•	
	Граничные условия потока					
	— Область конвективного истечения				•	
	— Воздухозаборник				•	
	— Встроенный вентилятор				•	
	— Отверстие				•	
	— Выпускной канал				•	
	— Контур рециркуляции				•	
	— Статическое давление				•	
	Поверхность потока				•	
	Свободномолекулярный нагрев			•		
	Граница погружения				•	
	Граничное сопротивление	•		•	•	
	Электрический нагрев (сила тока, электрическая связь, напряжение)		•	•	•	
	Набор объединения			•		
	Орбитальный нагрев			•		
	Набор перезаписи — тепловые свойства	•	•	•	•	
	Ввод частиц в поток					

Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Thermal	Модуль Simcenter 3D Advanced Thermal	Модуль Simcenter 3D Space Systems Thermal	Модуль Simcenter 3D Electronic Systems Cooling	Модуль Simcenter 3D Thermal HPC
Расчетные объекты (продолжение)	Элементы печатных плат				•	
	Охлаждающие элементы на эффекте Пельтье		•	•	•	
	Печатные платы				•	
	Излучение (полное и в пределах корпуса)	•		•	•	
	Тепловую связь излучения (в зазорах и от объекта к объекту)	•		•	•	
	Лучевое разделение элемента		•	•		
	Радиационный нагрев		•	•		
	Отчет	•		•	•	
	Экран				•	
	Выборочные результаты				•	
	Солнечный нагрев		•	•		
	Солнечный нагрев в космосе		•	•		
	Эффекты движения твердого тела (перемещение, вращение)		•	•		
	Плоскость симметрии				•	
	Тепловая связь	•		•	•	
	Периодичность вращения при тепловом расчете		•	•		
Каталоги	Расширенные параметры	•		•	•	
	Компонент				•	
	Поправка		•	•		
	Каталоги вентиляторов				•	
	Напорно-расходная характеристика вентилятора				•	

Обозначения:

- = выполняется самим модулем
- + = требуется установка дополнительного продукта

Примечание: Наличие лицензии на Simcenter 3D Engineering Desktop является минимальным предварительным требованием для работы всех продуктов линейки Simcenter 3D. Отдельные модули могут потребовать наличия и другого программного обеспечения.



Siemens Digital Industries Software

Simcenter 3D для
численного моделирования
гидрогазодинамических явлений

Исследование поведения потоков жидкостей
и газов в сложных сборках



Преимущества решения

- Точное решение уравнений Навье-Стокса, описывающих движение потоков жидкостей и газов
- Сокращение сроков препроцессинга при подготовке гидрогазодинамических расчетов благодаря быстрому созданию дополнительной геометрии и построению конечноэлементных сеток на сложных сборках
- Быстрое получение результатов гидрогазодинамических расчетов при работе в единой среде, что обеспечивает быстрый переход от этапа проектирования к этапу расчетов
- Комбинированные расчеты 1D- и 3D-подмоделей потока гарантирует эффективную моделирование самых сложных систем
- Интеграция средств гидрогазодинамических расчетов со всей платформой Simcenter 3D ускоряет процессы численного моделирования на 70%
- Параллельные вычисления сокращают время расчета

В Simcenter™ 3D имеется полный набор комплексных инструментов для моделирования и расчетов потоков жидкостей и газов в сложных деталях и сборках. Интегрированное решение для вычислительной гидрогазодинамики выполняет быстрые и точные расчеты потоков жидкостей и газов. Оно анализирует характеристики изделия на всех этапах процесса разработки, устраняя необходимость в затратах денег и времени на натурные испытания.

Мощный и эффективный гидрогазодинамический решатель

Модули расчетов гидрогазодинамических явлений в составе решения Simcenter 3D от Siemens Digital Industries Software — высокая мощность и точность хорошо известной схемы расчета методом контрольных объемов, объединенная со схемой дискретного разбиения потока на вершины и ячейки. Это обеспечивает максимально эффективное решение уравнений Навье-Стокса, описывающих движение жидкостей и газов. Газогидродинамический решатель в Simcenter 3D применяет высокоэффективный алгебраический многосеточный метод вместе с различными методами дискретизации первого и второго порядка и интеграции по времени. Таким образом создается мощный и полностью интегрированный инструмент для решения гидрогазодинамических задач. В среде Simcenter также применяется метод погруженных границ и метод расчета потоков при помощи так называемых гало узлов конечноэлементной сетки. Эти методы легко и быстро решают тепловые и гидродинамические задачи.

Simcenter 3D для численного моделирования гидрогазодинамических явлений

Быстрое создание геометрии потоков

Автоматическое и быстрое построение геометрии потоков при помощи традиционных булевых операций, построения оборачивающих поверхностей и создания погруженных в жидкость или газ тел. В итоге повышается производительность газогидродинамических расчетов. Построение неоднородных сеток на границах раздела между деталями помогает быстро рассчитывать множество сценариев вида «что если...» при работе со сложными сборками.

Интеграция с решателем тепловых задач

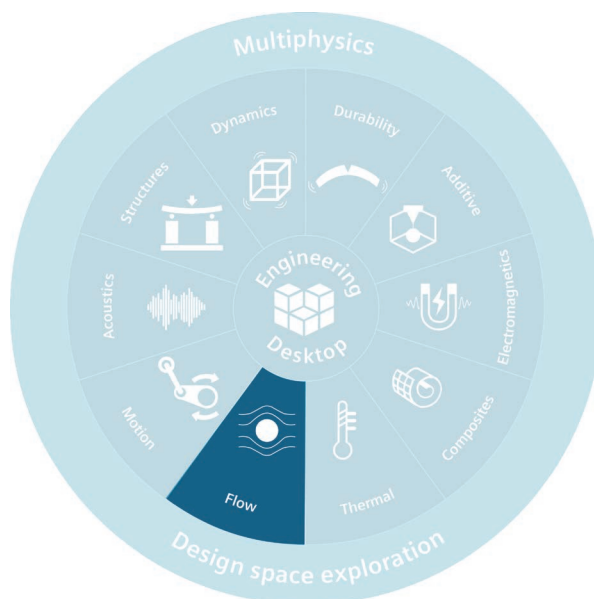
В Simcenter 3D предусмотрена полная интеграция модулей, решающих тепловые и гидрогазодинамические задачи. Гидрогазодинамические и тепловые расчетные модели создаются по отдельности, а затем объединяются простым перетаскиванием граничных условий. В результате получается удобное и мощное решение для выполнения прямого моделирования гидрогазодинамических явлений и тепловых расчетов.

Специализированный инструмент для расчета охлаждения электронных приборов

Модуль Simcenter 3D Electronic Systems Cooling — это комплексный инструмент для оценки тепловых характеристик проектируемых электронных приборов. Изменения, вносимые в системе автоматизированного проектирования электронных систем (ECAD), передаются модель для тепловых и гидрогазодинамических расчетов для определения новых значений температур и параметров воздушных потоков.

Платформа для комбинированных расчетов

Решения Simcenter 3D для гидрогазодинамических расчетов являются частью интегрированной междисциплинарной среды численного моделирования, основой которой является Simcenter 3D Engineering Desktop — централизованная платформа пре- и постпроцессинга для всех решений линейки Simcenter 3D. Интегрированная среда ускоряет расчеты и оптимизирует междисциплинарное численное моделирование, объединяющее газогидродинамические и другие задачи, например — задачи аэровиброакустики. Для их решения требуются прочностные и акустические расчеты, анализ взаимодействия потоков жидкостей и газов с твердыми телами, а также комбинированные тепловые расчеты.



Варианты применения

И ветер, дующий в паруса яхты, и горячий выхлоп из глушителя автомобиля, и распыление лекарства из ингалятора — во всех этих случаях газогидродинамические расчеты становятся абсолютно необходимыми.

Автомобилестроение и транспорт

В Simcenter 3D предусмотрены модели процесса засорение пор для быстрого и эффективного расчетов таких узлов, как радиаторы, интеркулеры и конденсаторы турбированных двигателей. Кроме того, при проектировании автомобилей выполняются расчеты тепловых режимов осветительных приборов, анализ теплового комфорта и уровня влажности в салоне, моделирование состава выхлопных газов и оценка уровня загрязнений.

Аэрокосмическая и оборонная промышленность

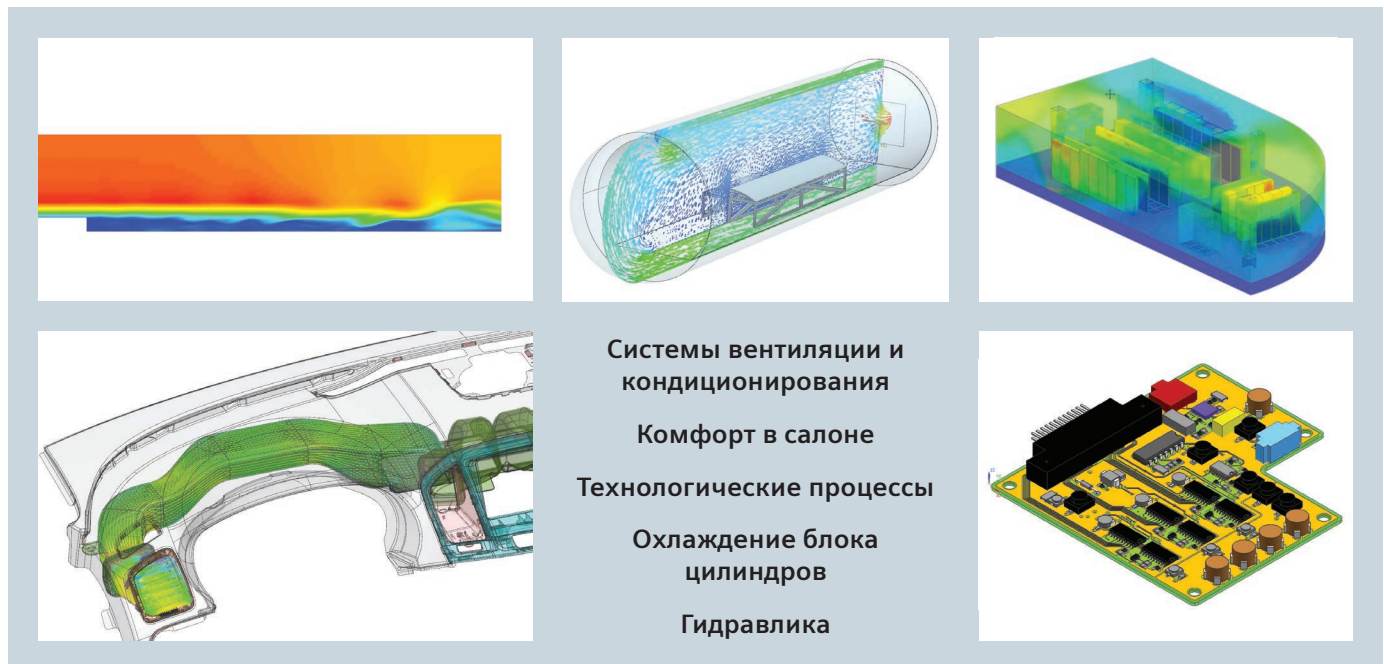
Simcenter 3D выполняет моделирование процессов переноса влажности и образования пленки конденсата, а также расчеты потоков жидкостей и газов, необходимые для оценки комфорта пассажиров. Выполняется расчет сил подъема и сопротивления и аэродинамического сопротивления на основе давления и касательного напряжения на аэродинамических поверхностях. Газодинамические силы автоматически передаются в системы прочностных расчетов.

Электроника и потребительские товары

Модули гидрогазодинамических расчетов в Simcenter 3D решают важнейшие задачи при проектировании — например, рассчитывают тепловые режимы электронных устройств при открытом и закрытом корпусе. Эти модули — полнофункциональное решение для тепловых расчетов электрических и электронных систем. Выполняется эффективное численное моделирование уровня влажности и образования пленки конденсата на электронных компонентах.

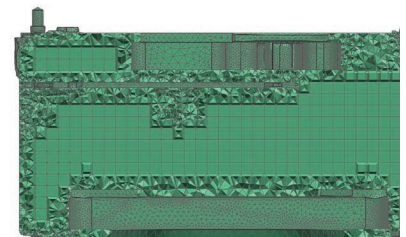
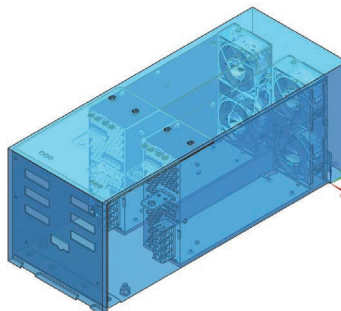
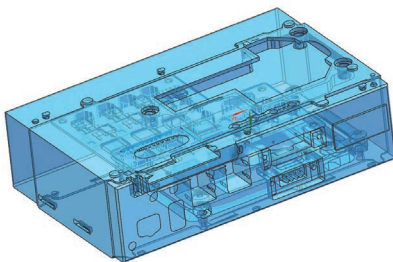
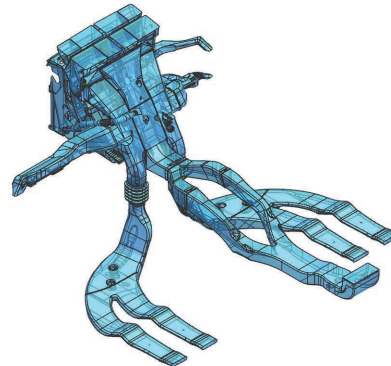
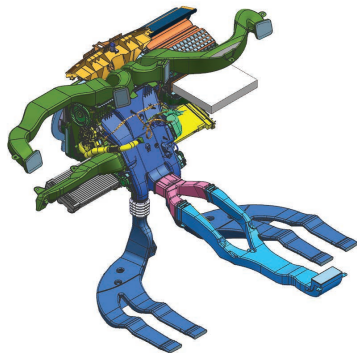
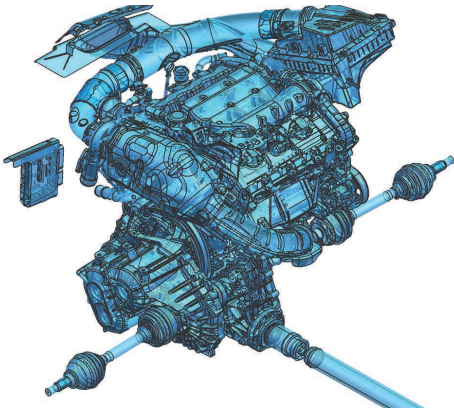
Технологическое оборудование

Моделирование потоков во вращающихся узлах по методам с вращающейся системой координат. Выполняется моделирование процесса остывания литейных форм, в том числе с учетом естественной и принудительной конвекции и не-newтоновского поведения материалов, расчеты потоков в пористых фильтрах и потоков, содержащих тяжелые твердые частицы. Поддерживаются расчеты двухфазных потоков, когда компоненты существенно отличаются по плотности или вязкости.



Модуль Simcenter 3D Advanced Fluid Modeling

Модуль Simcenter 3D Advanced Fluid Modeling содержит самые современные инструменты для быстрого и эффективного построения сложных моделей потоков, применяемых в гидрогазодинамических или акустических расчетах. Модуль Simcenter 3D Advanced Fluid Modeling предназначен для создания геометрии потоков на основе геометрии сложных деталей или сборок. Кроме того, в нем предусмотрены специальные средства для построения конечноэлементной сетки на граничных слоях, обеспечивающие высокую точность результатов моделирования.



Преимущества модуля

Ускорение создания конечноэлементных сеток, применяемых в гидрогазодинамических или акустических расчетах

Быстрое построение геометрии потоков жидкостей и газов на основе геометрии сложных сборок

Точное построение конечноэлементных сеток на потоках и граничных слоях

Расчет объемов воздуха на основе геометрии сборок в сложных системах, построение конечноэлементных сеток на сборках

Основные характеристики

Быстро и интуитивно понятное прямое редактирование геометрии с применением синхронной технологии

Создание герметичного корпуса вокруг выбранной геометрии или сетки с использованием сложного алгоритма свертки поверхностей

Полный набор инструментов для построения сетки на граничном слое. Построение оптимальных сеток в пристенных слоях для моделирования турбулентности

Построение гибридных сеток с гексагональными и тетраэдральными элементами на самых различных видах деталей

Модуль Simcenter 3D Flow

Модуль Simcenter 3D Flow содержит специализированные инструменты для газогидродинамических расчетов. модуль выполняет моделирование и расчеты потоков жидкостей и газов по сложным деталям и узлам. Модуль Simcenter 3D Flow — это высокая мощность и точность хорошо известной схемы расчета методом контрольных объемов, объединенная со схемой дискретного разбиения потока на вершины и ячейки. Это обеспечивает максимально эффективное решение уравнений Навье-Стокса, описывающих движение жидкостей и газов.

Преимущества модуля

Сокращение потребности в дорогостоящих опытных образцах при помощи расчетов потоков жидкостей и газов в виртуальной среде

Оптимизация процессов, в которых необходимы междисциплинарные расчеты

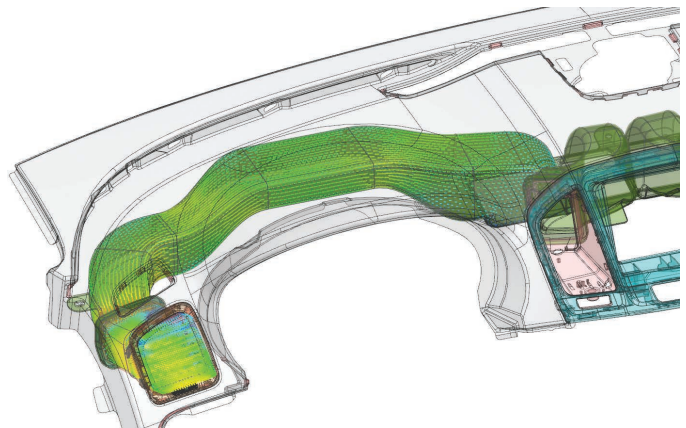
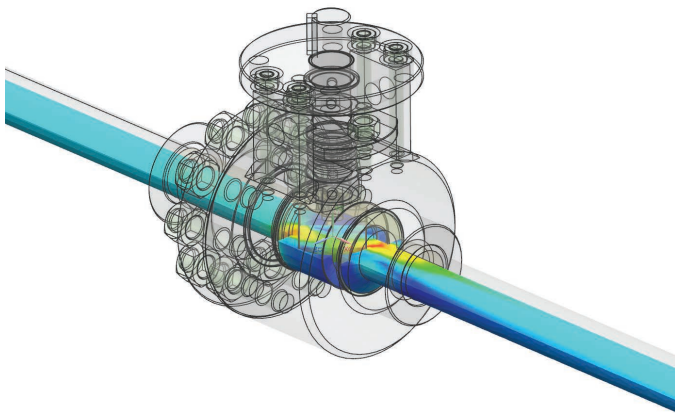
Экономия времени и устранение ошибок благодаря передаче данных и результатов расчета на этап мультифизического численного моделирования

Основные характеристики

Расчеты внутренних и внешних турбулентных, ламинарных и смешанных потоков

Учет свободной, принудительной и смешанной конвекции

Соединение разнородных конечноэлементных сеток потоков на границах между сложными сборками



Модуль Simcenter 3D Advanced Flow

Simcenter 3D Advanced Flow — дополнительный плагин для модулей Simcenter 3D Flow и Simcenter 3D Electronic Systems Cooling. Он расширяет возможности гидрогазодинамического моделирования, позволяя рассчитывать внутренние и внешние потоки, в том числе сжимаемые и высокоскоростные, потоки неньютоновских жидкостей. предусмотрен учет наличия тяжелых частиц в потоке и использование нескольких вращающихся систем координат.

Преимущества модуля

Отслеживание границ раздела между двумя средами при расчете колебаний зеркала жидкости

Точное и эффективное численное моделирование вращающихся узлов

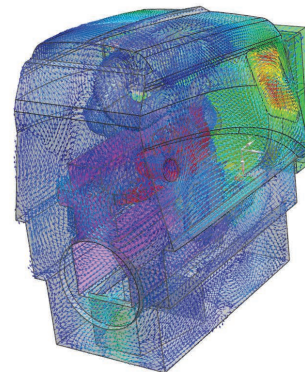
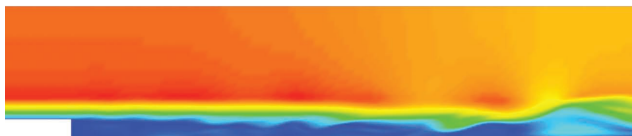
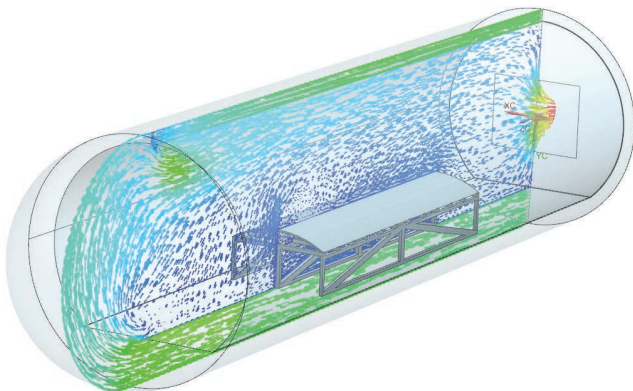
Объединение 1D-схем гидросистем и 3D-моделей потоков при расчетах самых сложных изделий

Основные характеристики

Применение одной или нескольких вращающихся систем координат

Наличие дополнительных моделей расчета турбулентности: RNG k-epsilon, Realizable k-epsilon, SST, k-omega и LES

Моделирование заполнения и опорожнения емкостей



Модуль Simcenter 3D Flow HPC

Модуль Simcenter 3D Flow для высокопроизводительных вычислительных систем (HPC) работает на многопроцессорных компьютерах или многокомпьютерных кластерах. Одна лицензия на модуль Simcenter 3D Flow HPC вместе с лицензиями на необходимые решатели позволяет задействовать произвольное количество имеющихся процессоров.

Преимущества модуля

Гибкость: расчеты можно выполнять как на отдельном компьютере, так и в сети или в кластере

Повышение отдачи от инвестиций в компьютерное оборудование, значительный рост эффективности

Основные характеристики

Процессорные ядра могут находиться в одном компьютере, в различных устройствах вычислительной сети либо в отдельном вычислительном кластере

Ограничения на максимальное число вычислительных ядер устраняются. Поэтому скорость расчетов зависит только от числа ядер, а не от числа имеющихся лицензий

Для решения крупномасштабных гидрогазодинамических задач применяются специальные методики декомпозиции по областям

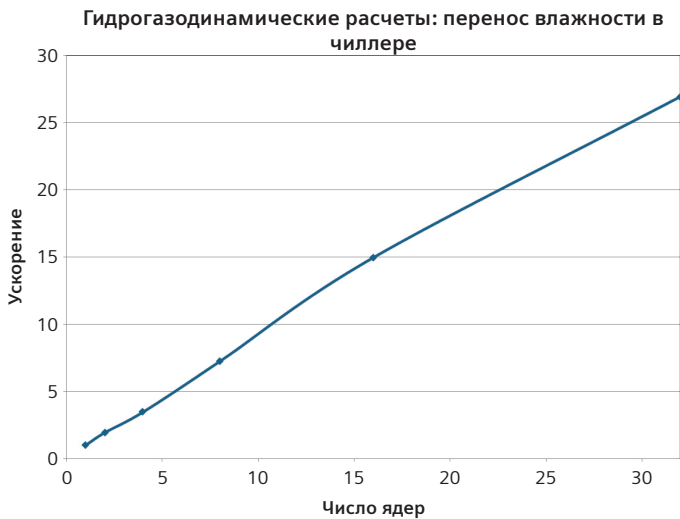


Таблица функциональных возможностей

Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Advanced Fluid Modeling	Модуль Simcenter 3D Flow	Модуль Simcenter 3D Advanced Flow	Модуль Simcenter 3D Flow HPC
Решатели	Использование распределенной памяти с параллельной архитектурой		+	+	•
	Параллельные расчеты потоков (с последовательным решателем)			•	•
	Решение мультифизических задач		+	+	•
	Расчет процессов конденсации и испарения			•	
Экспорт файлов в форматах	CGNS		•		
	INPF		•		
	Ограничение отображения		•		
Импорт файлов в форматах	CGNS		•		
	рабочий файл I-DEAS		•		
	INPF		•		
	NX xml		•		
	plot3d		•		
	Универсальный		•		
Для расчета требуется модуль Advanced Fluid Modeling	Гибридные 3D-сетки	•			
	Ограничение: автоматическое улучшение	•			
	Ограничение: предотвращение контакта	•			
	Ограничение: локальное разрешение	•			
	Управление качеством сетки на граничном слое	•			
	Экспорт/импорт в формате CGNS	•			
	Импорт в формате PLOT3D	•			
	Расчеты областей потоков	•			
	Построение сеток на областях потоков	•			
	Создание шаблонов (готовое тело)	•			
	Создание шаблонов (готовое тело + 2D-сетка)	•			
	Создание шаблонов (готовая 2D-сетка)	•			
	Создание шаблонов на основе граней 2D-элементов	•			
	Тетраздральная сетка (с управлением качеством сетки на граничном слое)	•			
	Свертка (готовое тело)	•			
	Свертка (готовое тело + 2D-сетка)	•			
	Свертка (готовая 2D-сетка)	•			
	Шаблон свертки с ограничениями	•			
	Шаблон свертки на основе граней 2D-элементов	•			

Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Advanced Fluid Modeling	Модуль Simcenter 3D Flow	Модуль Simcenter 3D Advanced Flow	Модуль Simcenter 3D Flow HPC
Атрибуты и параметры решения	Постоянная вязкость турбулентного потока		•		
	Стандартный K-Epsilon		•		
	RNG K-Epsilon			•	
	Реализуемый K-Epsilon			•	
	K-омега модель турбулентности			•	
	Моделирование методом крупных вихрей (LES)			•	
	Длина участка смешивания		•		
	Ламинарное течение		•		
	Модель Спаларта-Альмараса			•	
	Перенос напряжения сдвига			•	
Объекты моделирования	Дополнительные параметры потока		•		
	Свойства конвекции		•		
	Коррекция конвекции канала			•	
	Потеря давления в канале			•	
	Внешние условия		•		
	Регулятор скорости вентилятора			•	
	Общий объект		•		
	Гомогенная газовая смесь			•	
	Смесь из несмешивающихся жидкостей			•	
	Неньютоновская жидкость			•	
	Плоская потеря давления		•		
	Термостат		•		
	Маркер жидкости			•	
Нагрузки	Тепловые нагрузки (нагрузка, тепловой поток, генерация тепла)		•		
Ограничение	Область конечной ассоциативности		•		
	Начальные условия		•	•	
	Набор исходных соответствий потока		•		
	Сопоставление		•		
	Температура		•		

Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Advanced Fluid Modeling	Модуль Simcenter 3D Flow	Модуль Simcenter 3D Advanced Flow	Модуль Simcenter 3D Flow HPC
Объекты для численного моделирования	Связь конвекции			•	
	Настройка деактивации		•		
	Расширенная настройка деактивации				
	Пары несвязанных сеток		•		
	Граничные условия потоков в каналах			•	
	Блокирование потока (пористый, изотропный ортотропный, сплошной материал)		•		
	Граничные условия потока				
	— Разрывание мембраны			•	
	— Конвективное истечение		•		
	— Заслонка			•	
	— Воздухозаборник		•		
	— Внутренний вентилятор		•		
	— Отверстие		•		
	— Выпускной канал		•		
	— Петля рециркуляции		•		
	— Статическое давление		•		
	Поверхность потока (границы погруженные в поток препятствия)		•		
	Область течения (построение сеток на жидкостях и твердых телах)	•			
	Граница погружения	•	•		
	Плоскость смешивания (соединенные и независимые сетки)			•	
	Подвижная система отсчета (с вращением и переносом)			•	
	Вброс частиц			•	
	Охладитель Пельтье				
	Периодическое граничное условие(с вращением и переносом)			•	
	Отчет		•		
	Экран		•		
	Выборочные результаты		•		
	Сверхзвуковой воздухозаборник			•	
	Плоскость симметрии		•		



Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Advanced Fluid Modeling	Модуль Simcenter 3D Flow	Модуль Simcenter 3D Advanced Flow	Модуль Simcenter 3D Flow HPC
Каталоги	Расширенные параметры		•		
	Коррекция			•	
	Напорно-расходная характеристика вентилятора		•		

Обозначения:

• = выполняется самим модулем

+ = требуется установка дополнительного продукта

Примечание: Наличие лицензии на Simcenter 3D Engineering Desktop является минимальным предварительным требованием для работы всех продуктов линейки Simcenter 3D. Отдельные модули могут потребовать наличия и другого программного обеспечения.



SIEMENS

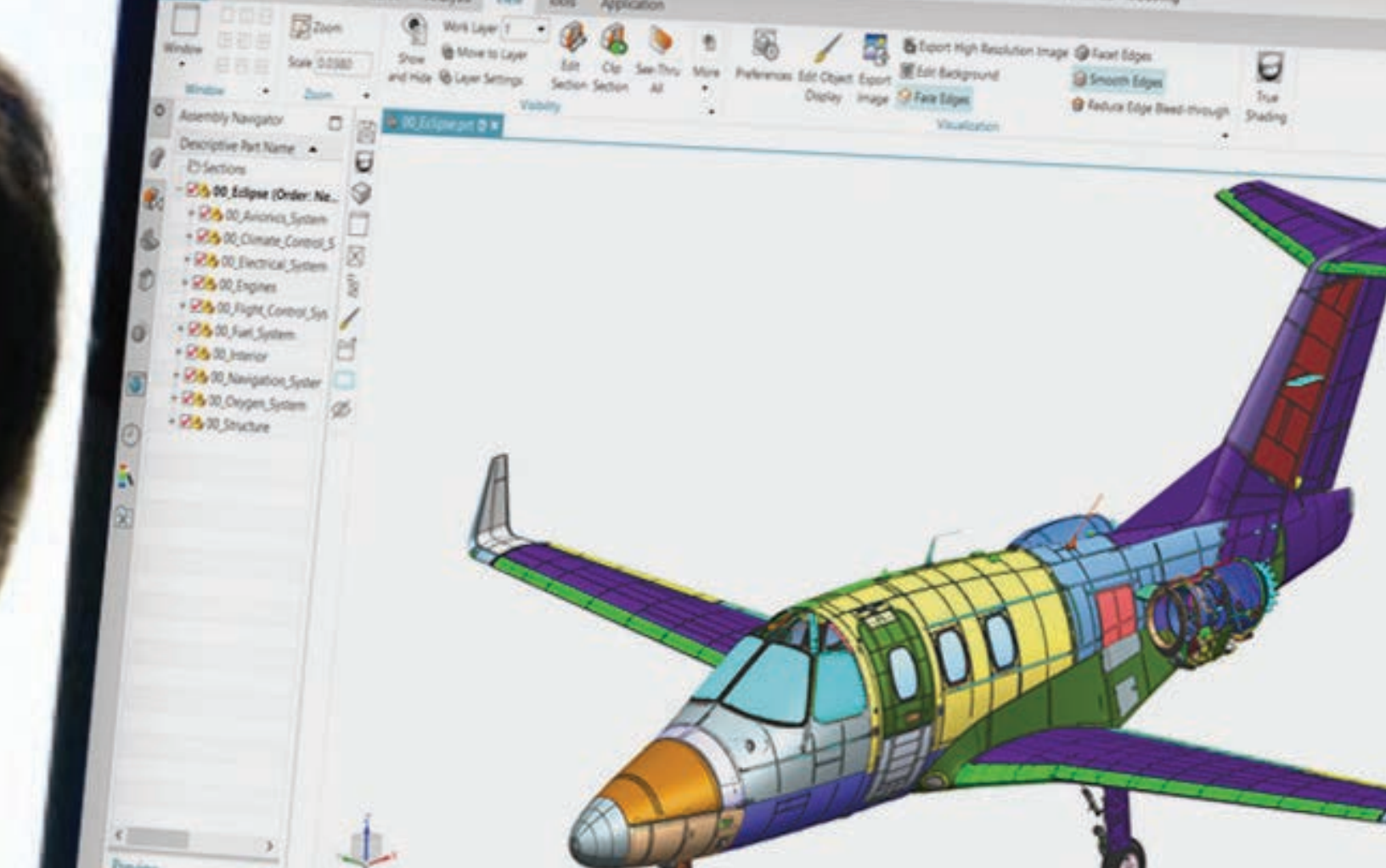
Ingenuity for life

Siemens Digital Industries Software

Расчеты электромагнитных явлений в Simcenter 3D

Интеграция Simcenter MAGNET и решателей для расчета высокочастотных электромагнитных явлений помогает добиваться максимальной производительности

siemens.com/simcenter3d



Преимущества решения

- Численное моделирование высоко- и низкочастотных электромагнитных явлений в междисциплинарной интегрированной среде
- Расчеты самых сложных моделей различных масштабов за приемлемое время
- Применение совершенных алгоритмов и использование библиотек характеристик материалов позволяет проводить расчеты с высокой точностью
- Наличие встроенных решателей электромагнитных и тепловых задач позволяет прогнозировать размагничивание постоянных магнитов и выявлять точки перегрева, что повышает надежность конструкций

Решения линейки Simcenter™ 3D для расчета электромагнитных явлений — это интегрированный решатель Simcenter MAGNET™, выполняющий моделирование низкочастотных устройств, и широкий выбор решателей для моделирования высокочастотных устройств и распространения электромагнитных волн. Широкий выбор инструментов помогает решать самые разнообразные задачи проектирования: оценка характеристик электромеханических деталей и узлов, а также процессов преобразования энергии, проектирование антенн (любого размера) и выбор мест их размещения, оценка электромагнитной совместимости и уровня создаваемых помех.

Эффективные крупномасштабные расчеты на уровне систем

Созданные компанией Siemens Digital Industries Software решения Simcenter 3D для моделирования электромагнитных явлений предназначены для создания и использования самых сложных расчетных моделей за разумное время и с применением минимальных вычислительных ресурсов. В решении используются эффективные методы, специально предназначенные для проведения расчетов в конкретных частотных и временных диапазонах, областях применения, а также ориентированных на устройства конкретного размера.

Расчеты электромагнитных явлений в Simcenter 3D

Специализированные и эффективные решатели электромагнитных задач

Simcenter 3D для моделирования электромагнитных явлений отличается высокой вычислительной эффективностью. Широкий выбор специализированных решателей (во временной и частотной областях, линейные и нелинейные, использованием метода конечных и граничных элементов), новые способы задания граничных условий, интеллектуальные алгоритмы улучшения конечноэлементной сетки позволяют построить максимально эффективный процесс инженерных расчетов (CAE). Выполняются как быстрые оценочные расчеты, так и углубленные для проведения окончательного контроля проектного решения.

Интеграция с тепловыми расчетами для дальнейшего совершенствования конструкции

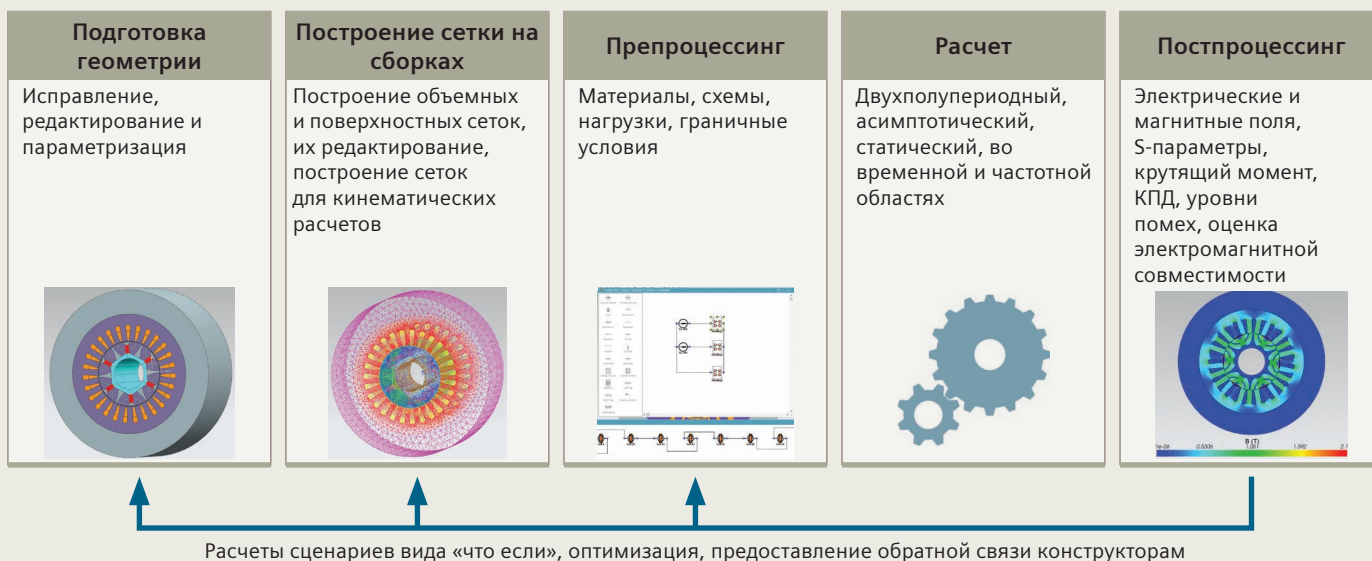
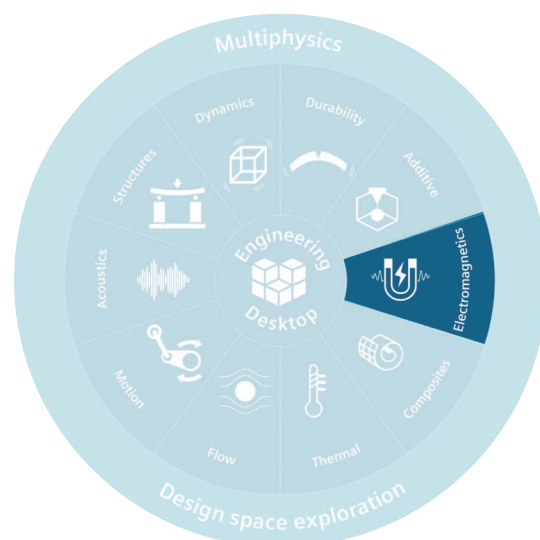
Для получения точных и надежных результатов необходимо создавать достаточно сложные модели. Совместное использование высокоточных решателей электромагнитных и тепловых задач помогает точно прогнозировать распределение температур и влияние нагрева на материала, а также рассчитывать низкочастотные электромагнитные поля. Такое интегрированное решение позволяет глубже оценить характеристики изделия, устранить опасность размагничивания и падения эксплуатационных характеристик.

Высококачественные модели материалов гарантируют высокую точность расчетов

В Simcenter 3D для моделирования электромагнитных явлений применяются совершенные алгоритмы и библиотеки характеристик материалов. Поэтому результаты расчетов точно коррелируют с результатами испытаний. Предусмотрено моделирование технологических процессов, температурных зависимостей и характеристик намагничивания. Умные материалы и материалы с необычными электромагнитными свойствами также моделируются с высокой точностью.

Платформа для комбинированных расчетов

Решения Simcenter 3D для электромагнитных расчетов являются частью интегрированной междисциплинарной среды численного моделирования с централизованной платформой пре- и постпроцессинга для всех решений линейки Simcenter 3D. Интегрированная среда ускоряет CAE-процессы и оптимизирует междисциплинарное численное моделирование, включающее в себя не только расчеты электромагнитных явлений, но и другие виды анализа — например, расчеты шумов, вибраций и гидрогазодинамических явлений. Для этого создается высокоточный цифровой двойник, предназначенный для исследования всех физических явлений и контроля будущего изделия на соответствие нормативам, требованиям безопасности и ожидаемым техническим характеристикам.



Варианты применения

Электромагнитные явления оказывают огромное влияние на безопасность, надежность и технические характеристики. Наличие цифрового двойника, способного точно прогнозировать самые различные электромагнитные параметры, критически важно для создания хорошей конструкции.

Автомобилестроение и транспорт

В Simcenter 3D для электромагнитных расчетов инструменты проектирования трансмиссий и электромеханических узлов (насосы, приводы) электрических и гибридных автомобилей, контроля уровня создаваемых электромагнитных помех (излучаемых и индуктивных) на соответствие нормативным требованиям, а также средства разработки антенн и устройств связи в рамках технологий V2V и V2X.

Аэрокосмическая и оборонная промышленность

Simcenter 3D выполняет самые сложные расчеты полей излучения высокой интенсивности и последствий попадания молнии в фюзеляж. Кроме этого, выполняется оценка электромагнитной совместимости самого сложного бортового радиоэлектронного оборудования. Высокоэффективные решатели электромагнитных и кинематических задач успешно применяются при разработке летательных аппаратов с новыми электрическими силовыми установками.

Судостроение

Simcenter 3D успешно применяется для выбора места установки антенн и снижения радиолокационной заметности судов и летательных аппаратов. Выполняется прогнозирование характеристик двигательных установок, систем накопления энергии.

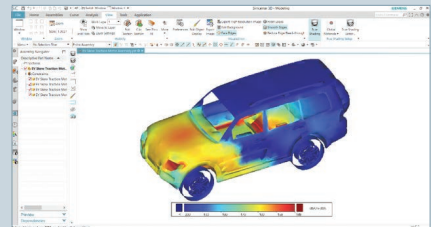
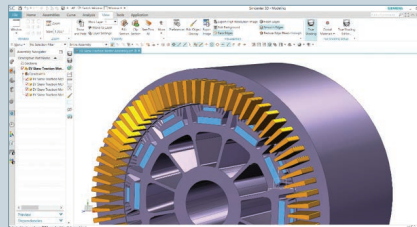
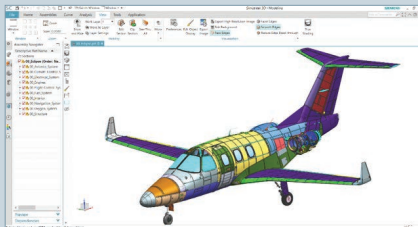
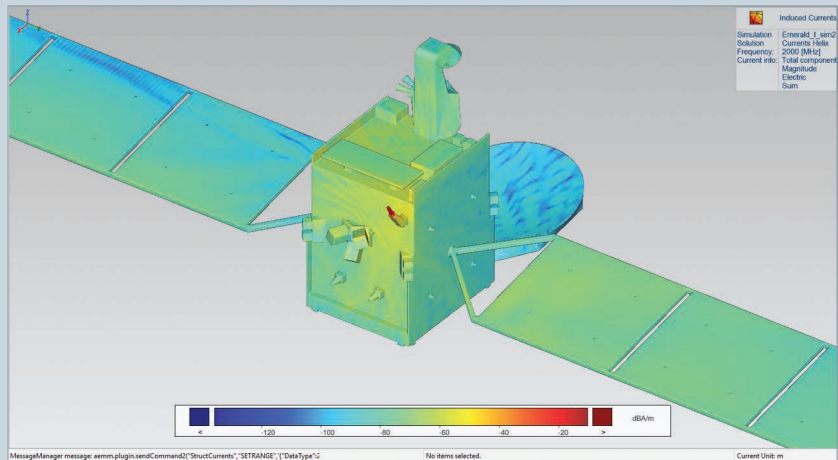
Технологическое оборудование

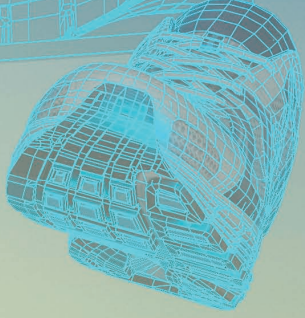
В Simcenter 3D имеются все необходимые инструменты для оценки характеристик и долговечности электромеханических деталей и узлов тяжелых транспортных средств и горнодобывающей техники.

Потребительские товары

Simcenter 3D применяется для контроля уровня помех и электромагнитной совместимости, что гарантирует надлежащее функционирование всех электронных узлов. Кроме того, данная система позволяет успешно оценить характеристики средств связи с антеннами различных типов, свойства электромеханических узлов (электродвигатели, насосы, вентиляторы) бытовой техники, включая устройства с беспроводной зарядкой.

Расчет статических, гармонических и переходных низкочастотных полей
Комбинированные электромагнитно-тепловые и электромагнитно-кинематические расчеты
Применение метода моментов (MoM) и многоуровневого быстрого многополюсного алгоритма (MLFMA)
Расчеты на основе однородной теории дифракции (UTD) и принципов итеративной волновой оптики (IPO)
Модели антенн с синтезированной апертурой
Поддержка поверхностной частичной эквивалентной схемы элемента (S-PEEC)
Расчетные модели в разных масштабах





Модуль Simcenter 3D Low Frequency EM

Модуль Simcenter 3D Low Frequency EM предназначен для создания и редактирования моделей, используемых в решателе Simcenter MAGNET. В Simcenter 3D трехмерные модели электромеханических узлов создаются либо импортируются из файлов формата NX CAD. При этом задаются магнитные свойства материалов, граничные условия и нагрузки, в том числе — во встроенном инструменте построения 1D-схем.

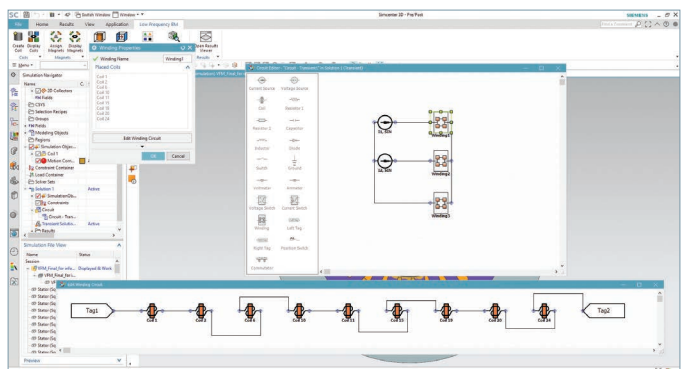
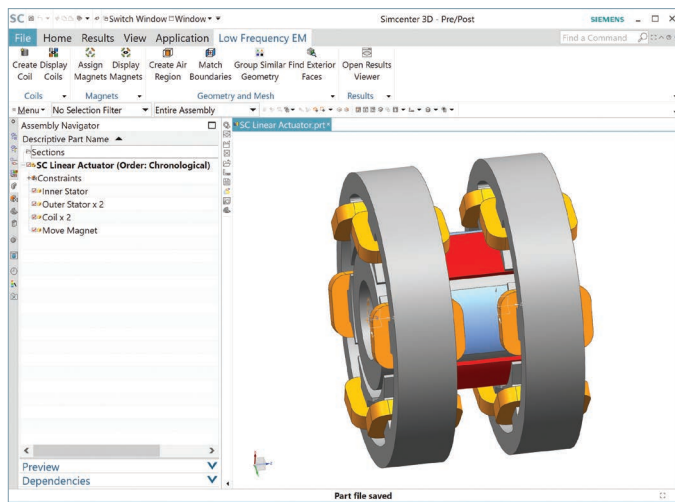
После расчета выполняется постпроцессинг полученных результатов.

Преимущества модуля

- Ассоциативная связь между электромагнитными характеристиками и полностью параметрической CAD-моделью
- Максимально эффективное описание сложных электромеханических устройств
- Большая встроенная база данных свойств материалов
- Поддержка междисциплинарных сценариев расчетов в единой среде

Основные характеристики

- Углубленные 2D- и 3D-расчеты
- Решатели для расчета статических, гармонических и переходных полей, а также расчета кинематики в системах с неограниченным числом элементов
- Модели материалов, содержащие их свойства в низкочастотной части электромагнитного спектра (включая гистерезис и размагничивание)
- Встроенные средства тепловых расчетов



Решатель Simcenter MAGNET

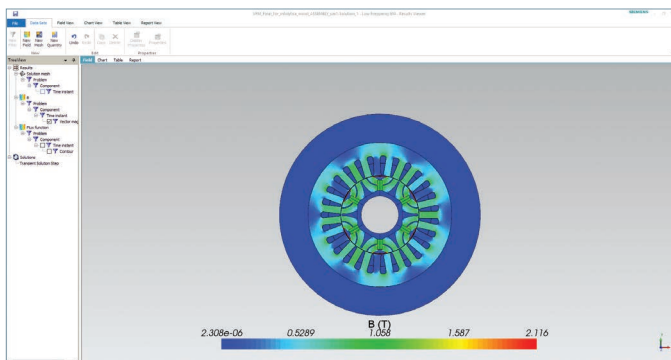
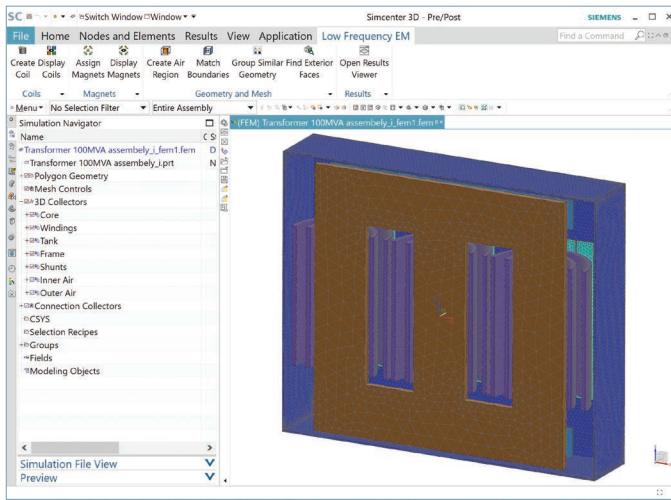
В решателе Simcenter MAGNET применяется технология расчета низкочастотных электромагнитных полей. Она разрабатывалась несколько десятков лет и получила широкий спектр возможностей, обеспечивающих ее эффективное применение в самых различных областях. Имеются решатели для расчета статических, гармонических и переходных полей, а также расчета кинематики. Решение предназначено для разработчиков электродвигателей и других электромагнитных устройств. Оно помогает оптимизировать конструкцию, достигая лучших характеристик и эффективности электромеханических систем.

Преимущества модуля

- Высокая точность расчетов
- Быстрые решатели, оптимизированные под конкретные виды расчетов
- Широкая библиотека электромагнитных свойств материалов

Основные характеристики

- Работа с осесимметричными и линейными 2D-моделями, а также полноценным 3D-моделями
- Расчет статических, гармонических и переходных полей
- Кинематические расчеты отдельных деталей и целых узлов
- Сложные модели расчета потерь, в том числе потерь в сердечнике и потерь на гистерезис
- Редактор схем для проведения комбинированных расчетов



Решатель Simcenter MAGNET Thermal

Модули тепловых и электромагнитных расчетов в решателе Simcenter MAGNET применяются для расчетов распределения температур в стационарных режимах и при переходных процессах с учетом потерь в обмотках и в сердечнике, вызванных действием вихревых токов и гистерезиса.

Преимущества модуля

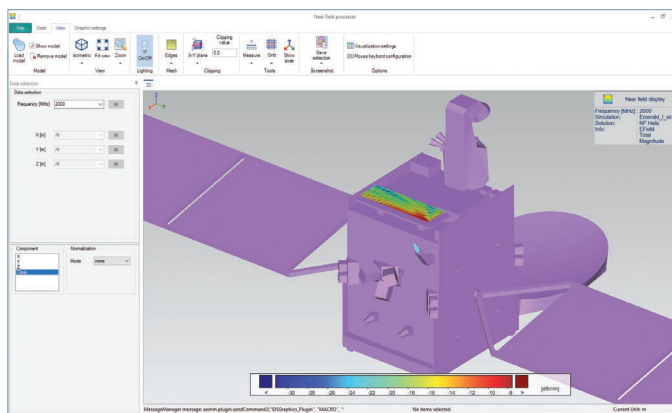
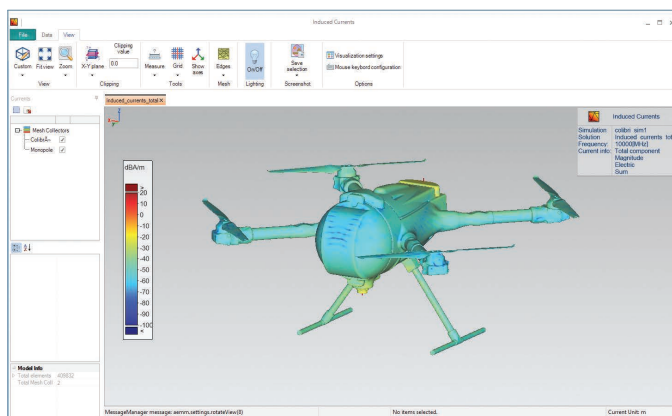
- Повышение эффективности электромеханических устройств благодаря учету тепловых явлений
- Оценка опасности размагничивания постоянных магнитов и повышение надежности конструкций
- Расчеты моделей в различных условиях эксплуатации, удобная оценка влияния тепловых режимов на характеристики изделия (крутящий момент, КПД, размагничивание)

Основные характеристики

- Комбинированные тепловые и электромагнитные расчеты
- Расчеты в стационарном режиме
- Расчеты в переходном режиме

Модуль Simcenter 3D High Frequency EM

Модуль Simcenter 3D High Frequency EM предназначен для создания, редактирования и постпроцессинга высокочастотных электромагнитных явлений непосредственно в графическом интерфейсе Simcenter 3D. Предусмотрено задание свойств материалов и элементов, граничных условий и условий возбуждения. Поддерживается создание высокоэффективных эквивалентных моделей антенн, сохраняющих ассоциативность с CAD-моделью.



Преимущества модуля

- Поддержка сквозного процесса проектирования благодаря ассоциативности между электромагнитными характеристиками и CAD-моделью
- Простая работа с крупными моделями целых систем — например, воздушных судов, космических аппаратов кораблей и автомобилей
- Работа в широком частотном спектре с использованием специализированных решателей
- Результат более чем тридцатилетнего развития технологий расчетов высокочастотных электромагнитных явлений

Основные характеристики

- Среда Simcenter для расчетов высокочастотных электромагнитных явлений
- Набор специализированных решателей: по однородной теории дифракции (UTD), 3D- и 2,5D-расчеты (для антенн и устройств, выполненных на многослойных печатных платах), реализация многоуровневого быстрого многополюсного алгоритма (MLFMA, DDM...) Решатели с поддержкой метода моментов
- Модели материалов для расчетов высокочастотных электромагнитных явлений
- Постпроцессинг результатов расчета: электромагнитные поля, системы SYZ-параметров, комбинированные расчеты, расчеты дальнего и ближнего поля, магнитных потоков и электрического тока, диаграмм направленности антенн
- CAD-модели и эквивалентные модели антенн (моделирование антенн по неполным данным)

Решатель Simcenter High Frequency EM

Решатель Simcenter High Frequency EM рассчитывает двухполупериодные схемы интегральными методами (метод моментов и многоуровневые быстрые многополюсные алгоритмы) для решения уравнений Максвелла. Кроме того, применяются асимптотические методы на основе однородной теории дифракции и принципов итеративной волновой оптики. Имеются разнообразные решатели для эффективных расчетов 2,5D- и 3D-полей. Различные варианты ускорения расчетов (множественные граничные условия, алгоритмы расчета по методу моментов, ускорение расчетов с использованием многоуровневого быстрого многополюсного алгоритма, метода разделения областей и других высокоэффективных подходов).

Преимущества модуля

- Наличие широкого выбора решателей, что позволяет всегда подобрать самый подходящий для решения конкретной задачи
- Возможно решение самых крупномасштабных задач моделирования электромагнитных явлений
- Расчет моделей с различным масштабом (эффективный анализ небольших антенн, встроенных в крупные системы)
- Ускорители решателей еще больше повышают эффективность

Основные характеристики

- Расчеты двухполупериодных схем: по методу моментов, с применением многоуровневого быстрого многополюсного алгоритма и поверхностной частичной эквивалентной схемы элемента
- Расчеты асимптотических схем: Расчеты на основе однородной теории дифракции (UTD) и принципов итеративной волновой оптики (IPO)
- Различные источники излучения: плоская волна, диполь, паразитные эффекты, задание диаграммы направленности
- Синтетические (эквивалентные) модели антенн
- Многослойные подложки

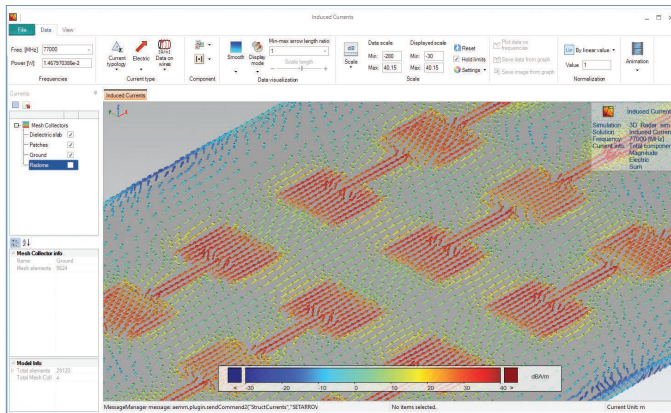
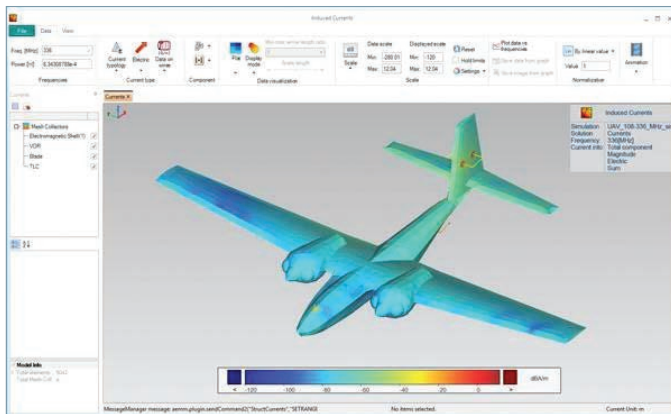


Таблица функциональных возможностей

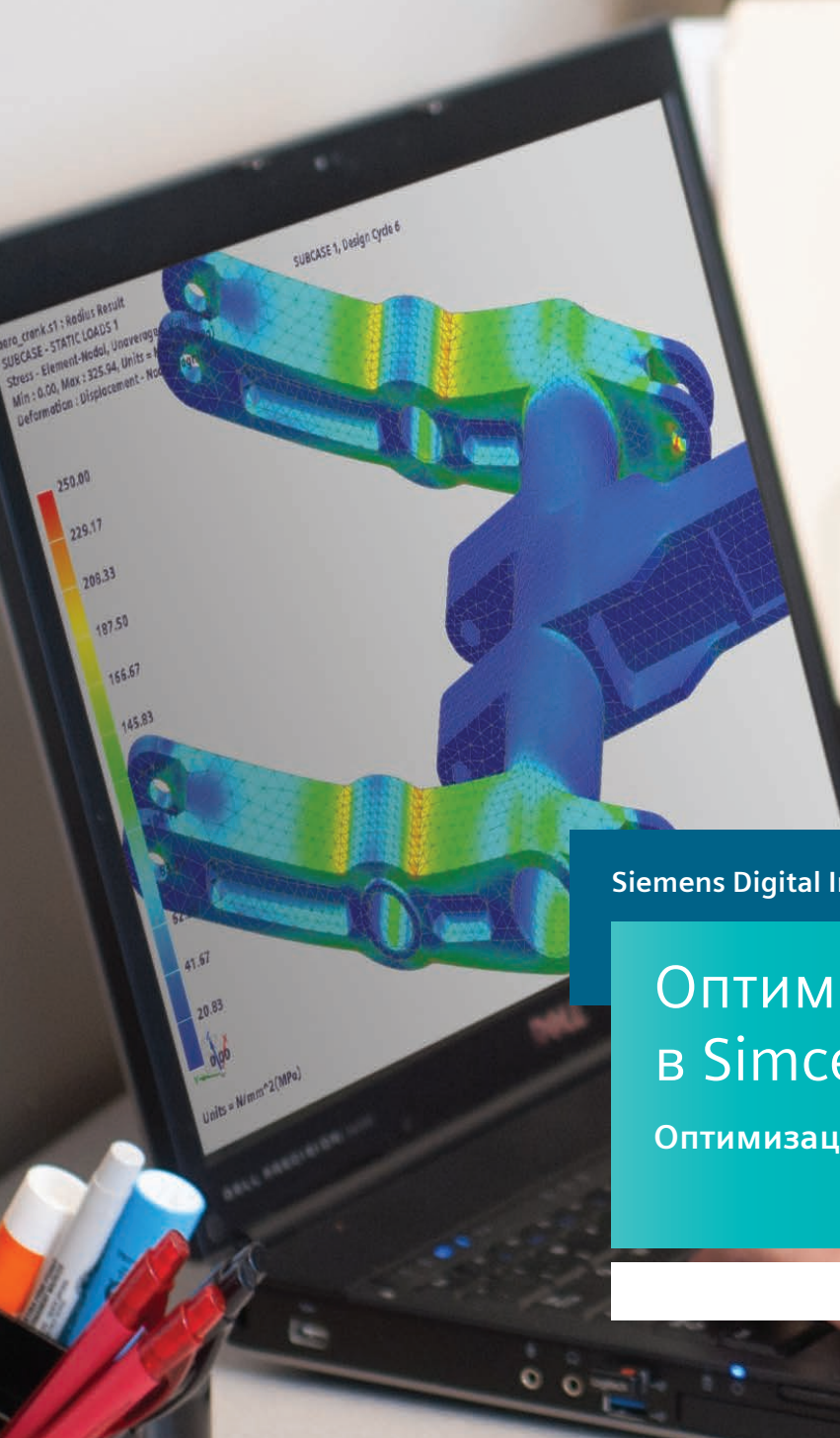
Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Low Frequency EM	Решатель Simcenter MAGNET	Решатель Simcenter MAGNETThermal
Расчеты низкочастотных электромагнитных явлений				
Построение сетки	Автоматическое перестроение сетки в воздушных промежутках при кинематических расчетах		•	
Граничные условия	Описание моделей обмоток (каркас, грани)	•		
	Периодический поток	•		
	Касательный поток	•		
	Нормальное поле	•		
	Тонкие пластины	•		
	Идеальные электроизоляторы	•		
	Сопротивление поверхности (линейные и нелинейные модели)	•		
	Возбуждение обмоток (ток и напряжение)	•		
	Схемы (сильно связанные)	•		
	Кинематические компоненты (с заданием скоростей и нагрузок, несколько степеней свободы)	•		
	Ориентация магнитов	•		
Материалы	Модели материалов, содержащие их свойства в низкочастотной части электромагнитного спектра (обширная библиотека)	•		
	Модели материалов, содержащие их свойства в низкочастотной части электромагнитного спектра (включая модели потерь на гистерезис и модели размагничивания)	•		
Расчеты и решения	2D-осесимметричные модели		•	
	2D-линейные модели		•	
	3D-модели		•	
	Электромагнитные расчеты		•	
	Гибридный тепло-электромагнитный расчет (в установившемся или не установившемся тепловом режиме)			•
	Гибридный расчет тепловых явлений электрических полей (в стационарном или переходном тепловом режиме)			•
	Статические нагрузки		•	
	Расчеты в переходном режиме		•	
	Кинематические расчеты в не установившемся режиме		•	
	Гармонические расчеты во временной области		•	
Постпроцессинг	Результаты расчета параметров поля (магнитная индукция В, намагниченность Н, температура и пр.)	•		
	Количественные показатели (напряжение, ток, энергия, потери, сила, крутящий момент, потокоцепление, температура, тепловой поток и пр.)	•		
	Кинематические параметры (магнитные силы и моменты, нагрузки от сил и моментов, координаты, скорость, ускорение и пр.)	•		

Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D High Frequency EM	Решатель Simcenter High Frequency EM
Расчеты высокочастотных электромагнитных явлений			
Граничные условия	Интегральное уравнение электрического поля (EFIE)	•	
	Интегральное уравнение магнитного поля (MFIE)	•	
	Комбинированное интегральное уравнение поля (CFIE)	•	
	Уравнение Роггьо-Миллера-Чанга-Харрингтона-Ву-Цзя (PMCHWT)	•	
	Импедансные граничные условия первого и более высоких порядков	•	
	Сетевые импедансные граничные условия первого и более высоких порядков	•	
	Расчеты тонких листов первого и более высоких порядков	•	
	Интегральное уравнение со смешанным потенциалом (MPIE)	•	
Возбуждение	Паразитное возбуждение на контактных площадках	•	
	Магнитные и электрические диполи	•	
	Плоские волны	•	
	Модели антенн с синтезированной апертурой	•	
	Расчет сферического расширения волн	•	
	3D-диаграммы направленности	•	
Материалы	Модели для расчетов электромагнитных свойств материалов на высоких частотах	•	
	Идеальные электрические проводники, рассеивающие металлические поверхности, дисперсионные среды, радиопоглощающие материалы, объемные диэлектрические структуры, слоеные композиционные материалы. Задание свойств материалов на основе измерений	•	
Решение	2,5D-расчеты методом моментов в частотной области		•
	3D-расчеты методом моментов в частотной области		•
	Поддержка поверхностной частичной эквивалентной схемы элемента (S-PEEC)		•
	Расчеты асимптотических лучей на основе однородной теории дифракции		•
	Асимптотические расчеты по току (итеративная волновая оптика)		•
	Взаимное влияние антенн		•
	Средства быстрого моделирования антенн		•
	Инструменты расчета обратного прохождения поля		•



Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D High Frequency EM	Решатель Simcenter High Frequency EM
Ускорение расчетов	Адаптивный интегральный метод с разреженными матрицами		•
	Различные уровни разрешения модели: многоуровневый быстрый многополюсный алгоритм		•
	Расчеты ближнего и дальнего поля		•
	Адаптивная перекрестная аппроксимация		•
	Быстрая аппроксимация дальнего поля		•
	Используемое аппаратное обеспечение: процессор графической карты		•
Расчеты высокочастотных электромагнитных явлений (продолжение)			
Постпроцессинг	Расчет переизлучения (величины SYZ и пр.)	•	
	Взаимное влияние антенн	•	
	Полные сопротивления контактных площадок	•	
	Наведенные токи	•	
	Дальнее поле	•	
	Ближнее поле	•	

Примечание: Наличие лицензии на Simcenter 3D Engineering Desktop является минимальным предварительным требованием для работы всех продуктов линейки Simcenter 3D. Отдельные модули могут потребовать наличия и другого программного обеспечения.



Siemens Digital Industries Software

Оптимизация конструкций в Simcenter 3D

Оптимизация анализа проектных решений



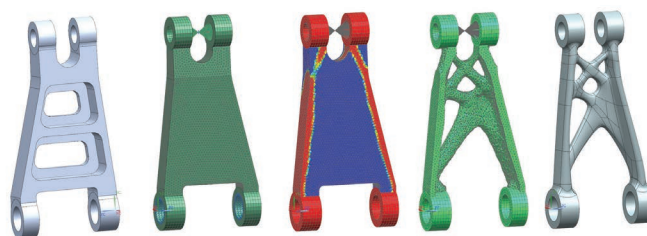
Преимущества решения

- Быстрый поиск оптимальных проектных решений
- Не требуется упрощение или подгонка модели
- Существенный рост производительности проектирования
- Сокращение сроков исследований, себестоимости разработки и рисков при проектировании
- Контроль проектных решений на основе оценки последствий изменений параметров

Решения для оптимизации в составе Simcenter™ 3D автоматизируют итеративный процесс совершенствования конструкции. Сравнение фактических характеристик изделия с заданными. Выполнение оптимизации топологии и исследования области поиска оптимального решения с использованием классических возможностей параметрической оптимизации.

Автоматизация оценки характеристик изделий

Решения Simcenter 3D для оптимизации конструкций упрощают и автоматизируют этот процесс, используя сложные алгоритмы поиска во всей области поиска оптимальных решений. В итоге подбирается нужная комбинация параметров, обеспечивающая достижение требуемых характеристик. Чтобы задать критерий оптимальности, пользователь указывает целевые значения таких характеристик конструкции, как минимальный вес, напряжения и деформации, а также вводит ограничения по геометрии. Переменными конструктивными параметрами являются геометрические свойства, свойства материала и способы соединения деталей.



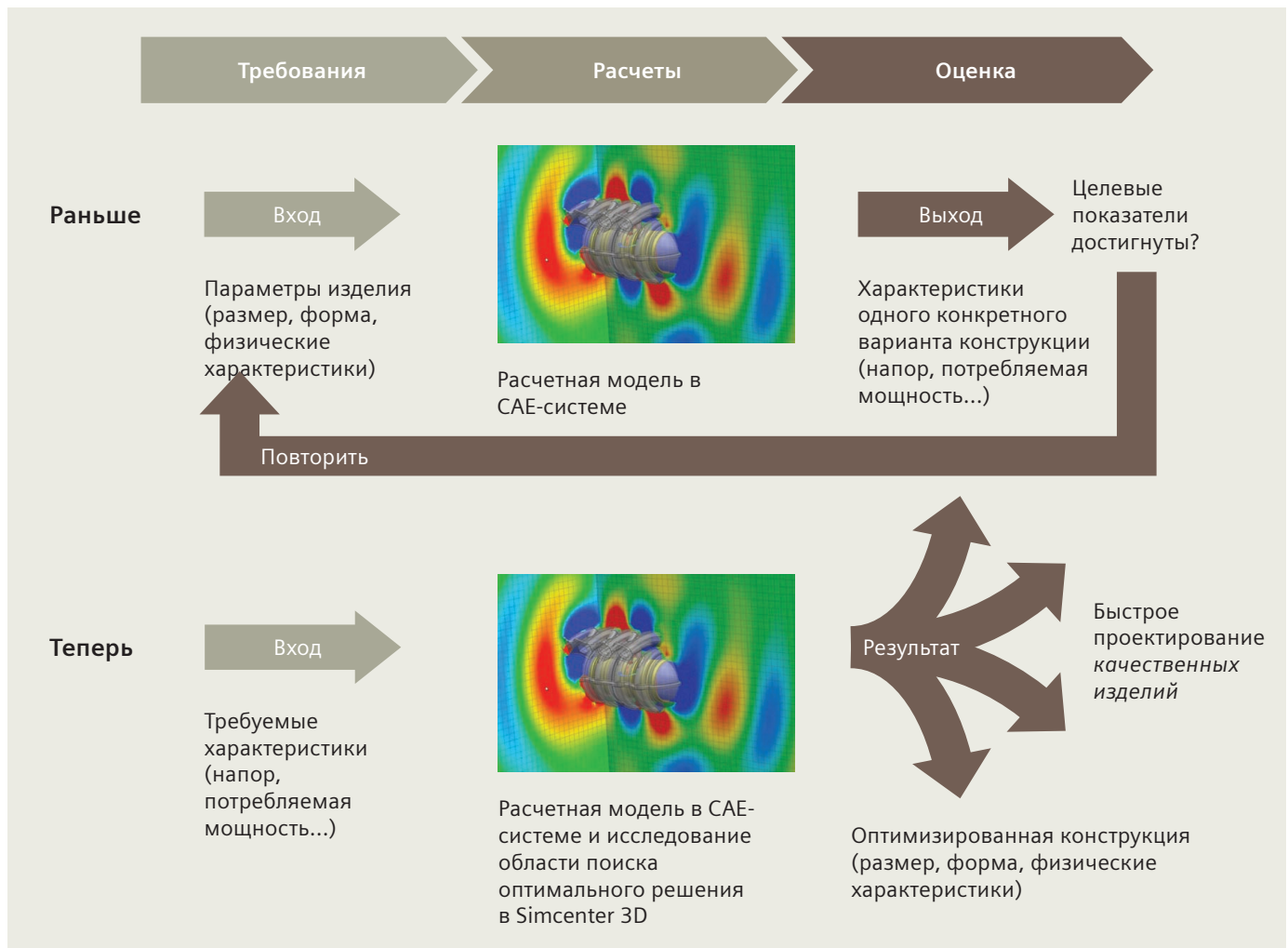
Оптимизация конструкций в Simcenter 3D

Устранение рисков при проектировании и ускорение инноваций

Четкое понимание сложных взаимосвязей между параметрами конструкции и последствий вносимых изменений помогает оценить риски при проектировании и ускорить инновации, выявляя проектные решения, удовлетворяющие всем предъявляемым к изделию требованиям.

Сокращение сроков вывода на рынок

Анализ отклонений характеристик изделия от заданных в различных условиях эксплуатации, сокращение сроков подготовки производства на основе автоматизации выполнения тысяч расчетов.



Варианты применения

Решения для оптимизации проектных решений в Simcenter 3D помогают конструкторам в практически любой отрасли глубоко изучить сложные взаимосвязи между параметрами изделия в реальных условиях эксплуатации и последствия вносимых изменений. Кроме того, они помогают создавать более качественные конструкции.

Аэрокосмическая и оборонная промышленность

- Снижение массы планера и достижение баланса таких характеристик, как прочность, модальные частоты и нагрузки, вызывающие потерю устойчивости
- Снижение массы крыльев и достижение баланса таких характеристик, как прочность, модальные частоты и нагрузки, вызывающие потерю устойчивости
- Снижение массы воздушного судна и достижение баланса свойств изделий из композиционных материалов (толщина всего материала и отдельных слоев)
- Оптимизация конструкций космических аппаратов по критериям тепловых нагрузок и деформаций, расчеты композитных материалов, определение модальных частот
- Снижение массы ракетополетителей
- Оптимизация формы лопаток вентиляторов авиационных двигателей (компенсация центробежной силы и других механических явлений)
- Снижение массы компрессоров авиационных двигателей, достижение баланса эксплуатационных характеристик
- Снижение массы турбин авиационных двигателей, достижение баланса эксплуатационных характеристик
- Снижение массы гондол авиационных двигателей

Автомобилестроение и транспорт

- Поведение крыши при аварии, прочность кузовных панелей, жесткость, долговечность каркаса
- Оптимизация характеристик трансмиссии, расчет нагрузок от крутящего момента, тепловых нагрузок и деформаций
- Шасси — нагрузки при движении, деформация подвески
- Оптимизация характеристик и снижение массы узлов подвески
- Снижение массы внедорожных транспортных средств, оценка прочности, долговечности, расчет элементов защиты при опрокидывании и устойчивости
- Технологическое оборудование: тепловые нагрузки и деформации, модальные частоты, механические напряжения в резьбовых соединениях
- Опорные конструкции: устойчивость, механические напряжения

Судостроение

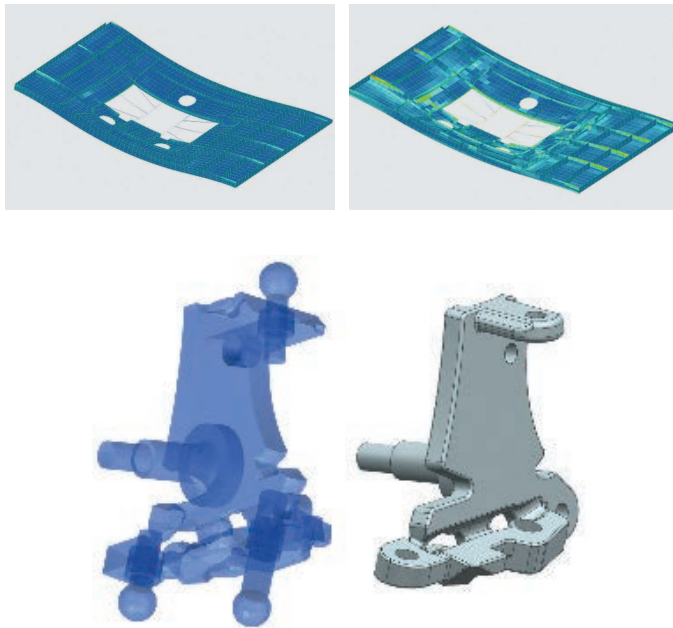
- Конструкция судна в целом: прочность, деформация, жесткость, снижение массы

Потребительские товары

- Оптимизация формы упаковки

Модуль Simcenter Nastran Optimization

Модуль Simcenter Nastran® Optimization выполняет оценку чувствительности конструкции в моделируемых условиях эксплуатации с последующим синтезом оптимальных проектных решений. Эффективные алгоритмы позволяют использовать сотни параметров изделий и рассчитывать отклики даже в самых больших моделях. В основе решения лежит обширный набор эффективных алгоритмов оптимизации и методов аппроксимации. Они оптимизируют многочисленные параметры изделия с учетом взаимосвязей и ограничений, что позволяет выявлять критические недочеты в конструкции.



Преимущества модуля

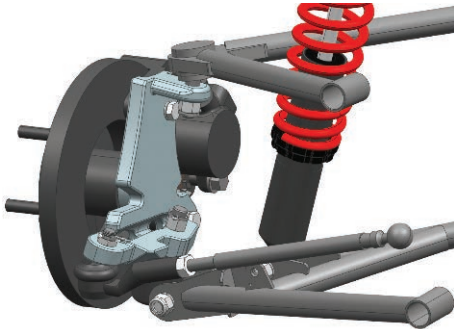
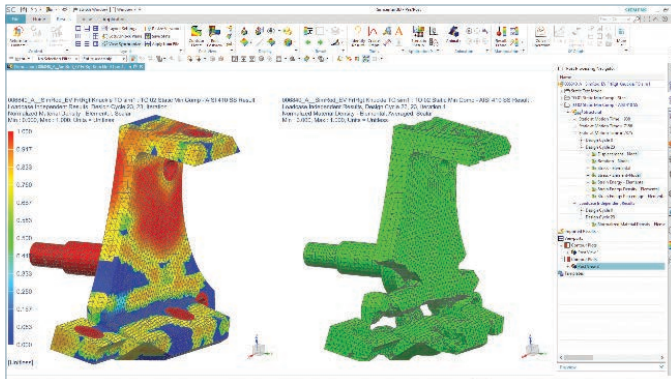
- Снижение рисков при проектировании благодаря глубокому пониманию сложных взаимосвязей между параметрами изделия в реальных условиях эксплуатации и последствий вносимых изменений
- Полная уверенность в том, что изделие будет соответствовать требуемым характеристикам в самых различных условиях эксплуатации, в том с учетом допусков при изготовлении
- Ускоренное внедрение инноваций, поиск новых проектных решений, отвечающих всем требованиям
- Сокращение сроков подготовки производства на основе автоматизации выполнения тысяч расчетов

Основные характеристики

- Оптимизация расчетных моделей в решателе Simcenter Nastran
- Задание ограничений на статические нагрузки, нормальные формы колебаний и параметры устойчивости
- Оптимизация при проведении видов расчетов, поддерживаемых в версии Simcenter Nastran Enterprise Advanced: суперэлементы, динамический отклик, модальная частотная характеристика, частотная характеристика, модальная переходная характеристика, акустические расчеты, статический анализ аэроупругости и флаттера
- Высокоэффективные алгоритмы и применение разреженных матриц обеспечивают решение крупномасштабных задач оптимизации
- При заданной цели оптимизации и ограничениях рассчитываются сотни различных параметров
- В уравнения расчета целевых значений с учетом ограничений можно добавить дополнительные входные и выходные переменные

Модуль Simcenter Nastran Topology Optimization

Модуль Simcenter Nastran Topology Optimization позволяет выполнить оптимизацию по самым различным критериям и поддерживает генеративное проектирование. Модуль оптимизирует топологию твердотельных или оболочечных моделей, выявляя участки, которые можно облегчить, заменив их сетчатыми конструкциями.



Преимущества модуля

- Сокращение сроков подготовки производства: проектирование ведется на основе оптимизированной топологии. Поддерживается широкий выбор критериев оптимизации и ограничений при проведении статических расчетов, анализа модальных частот, устойчивости и частотных характеристик. Часто применяемые критерии оптимизации: максимальная прочность, минимальная масса, максимальный модальный отклик с учетом ограничений по массе, перемещениям и напряжениям
- В Simcenter 3D выполняется весь рабочий процесс — от эскизного до рабочего проекта
- Функциональные требования выражаются ограничениями формы, которые вводятся для обеспечения технологичности, симметричности и соблюдения требуемых размеров
- Прогнозирование сплошных зон и зон решетки

Основные характеристики

- Поддержка различных методик построения конечноэлементных моделей: сетки без деталей, расчеты отдельных деталей и сборок методом конечных элементов
- Построение оболочечных и твердотельных элементов, использование в сборках как различных материалов, так и единых метаматериалов (решетки, изготавливаемые 3D-печатью материалы различной плотности и пр.)
- За один запуск оптимизации топологии выполняется несколько вариантов расчетов: линейные статические расчеты, анализ нормальных форм колебаний, расчет устойчивости, анализ частотных характеристик
- При заданной цели оптимизации и ограничениях рассчитываются сотни различных параметров
- В уравнения расчета целевых значений с учетом ограничений можно добавить дополнительные входные и выходные переменные

Модуль Simcenter 3D Design Space Exploration

Доступный по цене модуль Simcenter 3D Design Space Exploration выполняет параметрическое исследование области поиска оптимальных решений. При этом численное моделирование используется не только для валидации, устранения выявленных проблем и базовых функций прогнозирования. Модуль автоматически исследует область поиска оптимальных решений, находя лучшие варианты.

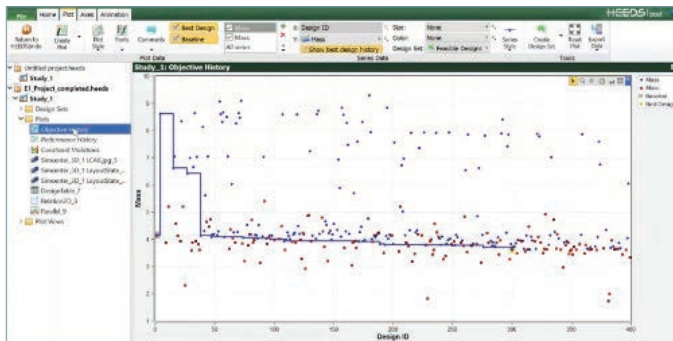
Пользователям предлагается автоматизация процессов, что упрощает создание виртуальных опытных образцов, а распределенные вычисления ускоряют расчеты. При этом удается эффективно проводить поиск оптимальных решений без упрощения моделей. Кроме того, подобный поиск становится основой всего процесса проектирования в виртуальной среде, а не выполняется по его окончании.

Преимущества модуля

- Эффективный поиск оптимальных проектных решений с многокритериальной оптимизацией
- Автоматизированный выбор и адаптация алгоритмов в ходе проведения расчетов
- Все стратегии поиска выполняются одновременно
- Устраняются лишние итерации: анализ области поиска оптимальных решений всегда выполняется наилучшим образом
- Благодаря современным алгоритмам и удобному интерфейсу для работы с системой не требуется большого опыта в области оптимизации

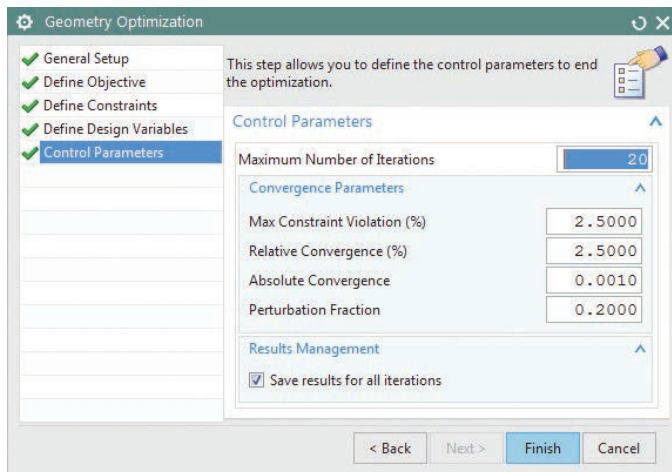
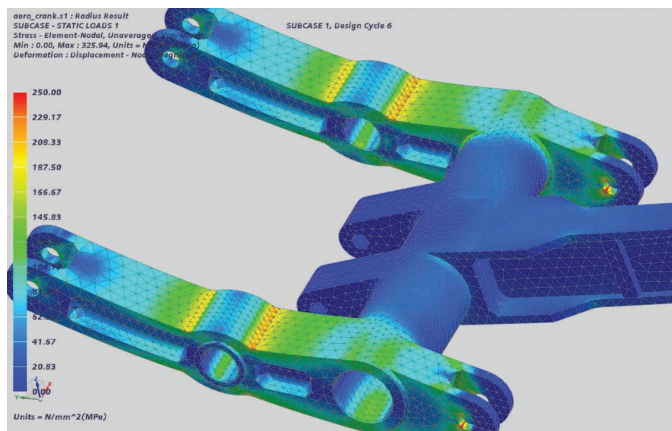
Основные характеристики

- Исследование области поиска оптимальных решений и оптимизация моделей в Simcenter 3D
- Параметризация моделей в Simcenter 3D (геометрия, свойства материалов, характеристики конечных элементов, параметры решения и пр.)
- Автоматизация рабочих процессов, эффективная передача данных между системами, устранение ошибок, существенный прирост эффективности
- Широкий выбор алгоритмов планирования эксперимента
- SHERPA — самая современная адаптивная стратегия одно- и многокритериальной оптимизации
- Решение задач, содержащих как непрерывные, так и дискретные переменные с учетом множественных ограничений
- Мощные и удобные средства анализа данных, предоставляющие важную информацию об области поиска оптимальных решений
- Создание и экспорт моделей-аналогов



Модуль Simcenter 3D Geometry Optimization

В стандартной версии Simcenter 3D Engineering Desktop имеются функции размерной и геометрической оптимизации. Simcenter 3D Geometry Optimization представляет собой дополнительный модуль. Поддерживаются классические функции подбора параметров изделия по заданным характеристикам и с учетом ограничений, а также различные стратегии оптимизации и последующей обработки полученных результатов.



Преимущества модуля

- Удобная оптимизация геометрии и свойств элементов моделей в Simcenter 3D, а также связанных с ними CAD-моделей
- Снижение рисков при проектировании благодаря глубокому пониманию сложных взаимосвязей между параметрами изделия в реальных условиях эксплуатации и последствий вносимых изменений
- Полная уверенность в том, что изделие будет соответствовать требуемым характеристикам в самых различных условиях эксплуатации, в том числе с учетом допусков при изготовлении

Основные характеристики

- Оптимизация моделей в Simcenter 3D и связанных с ними CAD-моделей
- Комбинированная оптимизация геометрии CAD- и расчетных моделей. Оптимизируются следующие характеристики: параметры поперечного сечения конечноэлементных моделей, толщина конечноэлементных оболочечных моделей, размеры конструктивных элементов и эскизов CAD-моделей, поддержка математических выражений, в том числе задающих нагрузки на конечноэлементные модели
- Поддерживаемые решатели: Simcenter Nastran, Simcenter 3D Thermal, Simcenter 3D Flow, Simcenter ESC, Simcenter SST, MSC Nastran, ANSYS, ABAQUS
- Типы рассчитываемых характеристик для конкретных критериев и ограничений зависят от конкретного решателя. Примеры оптимизируемых характеристик: масса, объем, температура, массовый расход, джоулева теплота, коэффициенты формы при расчете излучения и пр.
- Результаты конечноэлементных расчетов используются для оценки, например, максимальных перемещений или усредненного напряжения Ван Мизеса. Указанные параметры определяются глобально или локально с учетом геометрии — например, на грани или вдоль ребра
- Результаты оптимизации выводятся в виде таблицы

Таблица функциональных возможностей

Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter Nastran Optimization	Модуль Simcenter Nastran Topology Optimization	Модуль Simcenter 3D Design Space Exploration
Интеграция с Simcenter 3D		•	•	•
Параметризация моделей	Ассоциативность с CAD-моделями	•	•	•
	Без ассоциативности с CAD-моделями	•	•	•
	Поддержка расчетов всех типов элементов, имеющихся в Simcenter Nastran	•	•	•
	Поддержка всех типов нагрузок и ограничений, имеющихся в Simcenter Nastran	•	•	•
	Поддержка других решателей			•
Пространство проектных решений	2D-, 3D-элементы		•	
	Работа в нескольких пространствах проектных решений		•	
	Детали из разных материалов, поддержка метаматериалов (решетки, изготавливаемые 3D-печатью материалы различной плотности и пр.)		•	
Переменные	Каждый КЭ в пространствах проектных решений		•	
	Физические свойства элемента	•		•
	Свойства элементов из композитных материалов	•		•
	Свойства соединительных элементов	•		•
	Свойства материалов	•		•
	Выражения в CAD-моделях: размеры конструктивных элементов и эскизов, нагрузки			•
	Производные переменные и уравнения, основанные на характеристиках модели			•
Материалы	Изотропные, анизотропные, ортотропные	•	•	•
Типы расчетов	Линейные статические расчеты	•	•	•
	Динамические прочностные расчеты	•	•	•
	Анализ устойчивости	•	•	•
	Акустический анализ			•
	Тепловые расчеты			•
	Потоки			•
	Комбинированные тепловые и гидрогазодинамические расчеты			•
Критерии оптимизации	Однокритериальная оптимизация	•	•	•
	Один глобальный критерий или один подкритерий	•	•	•
	Многокритериальная оптимизация			•
Ограничения при оптимизации	Множественные	•	•	•
	Множественные глобальные критерии или подкритерии	•	•	•
	Соотношение между переменными			•
	Ограничения по форме модели		•	

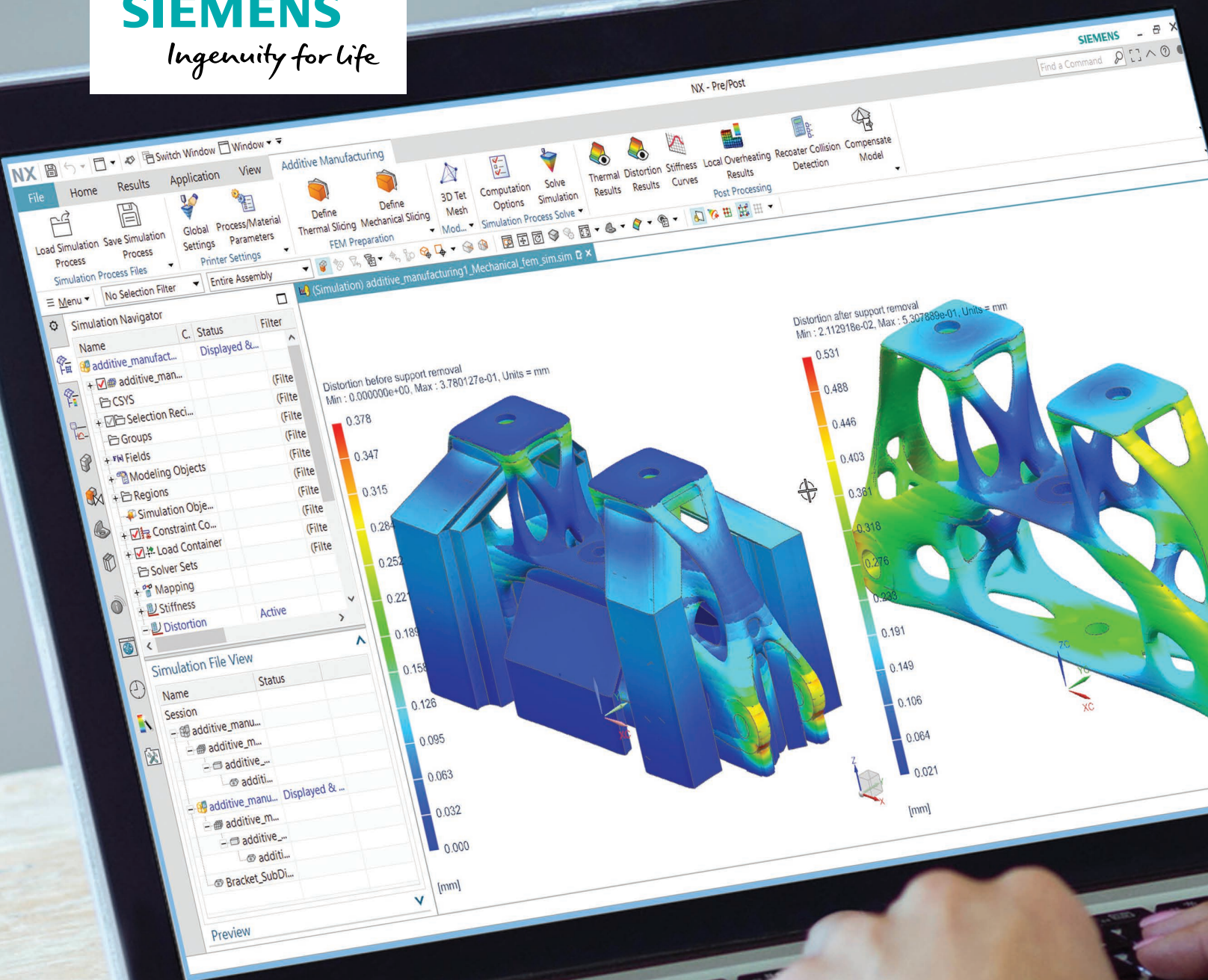
Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter Nastran Optimization	Модуль Simcenter Nastran Topology Optimization	Модуль Simcenter 3D Design Space Exploration
Алгоритмы оптимизации	Градиентный	•	•	•
	линейные законы с использованием методов штрафа, метод расчета сплошных изотропных материалов со штрафами (SIMP), аппроксимация свойств материалов рациональными функциями (RAMP)		•	
	Прогнозирование свойств решетчатых конструкций, исходя из типа решетки		•	
	Управление оптимизацией и параметрами сходимости	•	•	•
	Исследование области поиска оптимальных решений (планирование эксперимента, наборы проектных решений)			•
	Стратегия оптимизации с автоматической адаптацией (SHERPA)			•
	Стратегия многокритериальной оптимизации с различными адаптацией (многокритериальная SHERPA)			•
Автоматизация численного моделирования	Последовательное выполнение расчетов	•	•	•
	Параллельное выполнение расчетов			•
	Расчеты на удаленных компьютерах			•
Постпроцессинг	Подготовка таблицы с результатами оптимизации, содержащей критерии и ограничения по каждой итерации	•	•	•
	Функции постпроцессинга Simcenter 3D	•	•	•
	Специальный инструмент отображения нормализованной плотности материала		•	
	Автоматическое создание контрольной модели по завершении оптимизации		•	
	Расширенные средства постпроцессинга (графики в параллельных координатах, пузырьковые графики, функции построения 3D-графиков и пр.)			•
	Моделирование поверхности отклика			•
	Графики корреляции			•
	Диаграммы Парето			•
	Анализ основных деталей и узлов, анализ зависимостей			•
	Контроль и управление ходом расчетов			•
Восстановление геометрии	Обновление CAD-моделей			•
	Обновление конечноэлементных моделей	•		•
	Экспорт конечноэлементной сетки обратно в CAD-систему, что упрощает корректировку модели		•	

Обозначения:

• = выполняется самим модулем

+ = требуется установка дополнительного продукта

Примечание: Наличие лицензии на Simcenter 3D Engineering Desktop является минимальным предварительным требованием для работы всех продуктов линейки Simcenter 3D. Отдельные модули могут потребовать наличия и другого программного обеспечения.



Siemens Digital Industries Software

Simcenter 3D для численного
моделирования процессов
аддитивного производства
Успешная 3D-печать с первой попытки



Преимущества решения

- Успешная 3D-печать с первой попытки
- Моделирование процесса печати при подготовке к аддитивному производству путем синтеза на подложке
- Прогнозирование возможных деформаций геометрии при печати
- Выбор оптимального положения изделий при печати и вариантов опоры
- Точное воспроизведение геометрии образца благодаря алгоритмам Simcenter 3D
- Создание скорректированной геометрии (твердотельной) на основе численного моделирования полей деформации

Аддитивное производство – новый способ создания изделий. Передовые станки и усовершенствованные технологические процессы обеспечивают быстрый переход от опытных образцов к серийному производству. Возможности аддитивного производства в Simcenter™ 3D позволяют прогнозировать деформации и ошибки, тем самым сокращая количество пробных печатей и повышая качество конечного изделия.

Высокопроизводительная среда численного моделирования

Широкие возможности численного моделирования в Simcenter 3D имеют важное значение для аддитивного производства. При аддитивном производстве модели представляются в виде тетраэдральной сетки. В процессе печати по сетке строятся слои. Данный тип представления моделей более эффективен, чем воксельная сетка.

Устранение деформаций деталей при печати

В Simcenter 3D предлагается новый подход. Послойная печать изделий путем синтеза на подложке приводит к усадке при охлаждении. Наличие и степень деформации зависят от жесткости печатаемой конструкции.

Simcenter 3D для численного моделирования аддитивного производства

Успешная 3D-печать с первой попытки

Перед печатью выполняется расчет и компенсация деформаций. Исходная геометрия корректируется так, чтобы компенсировать деформации. Затем возможно выполнение пробной печати либо выпуск серийных деталей.

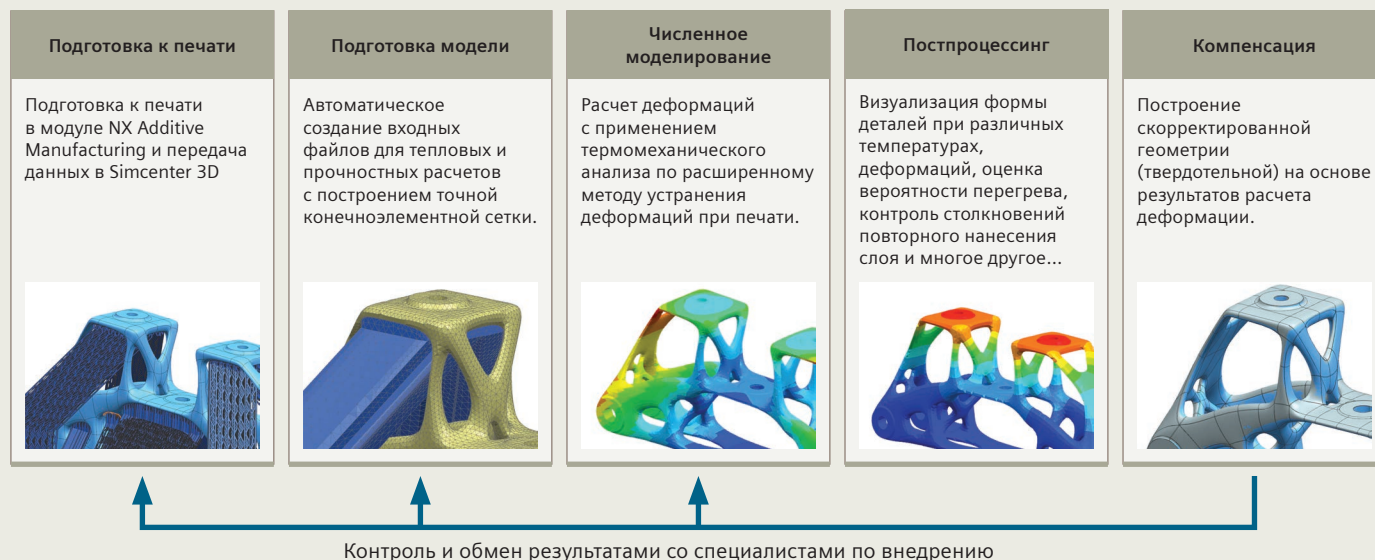
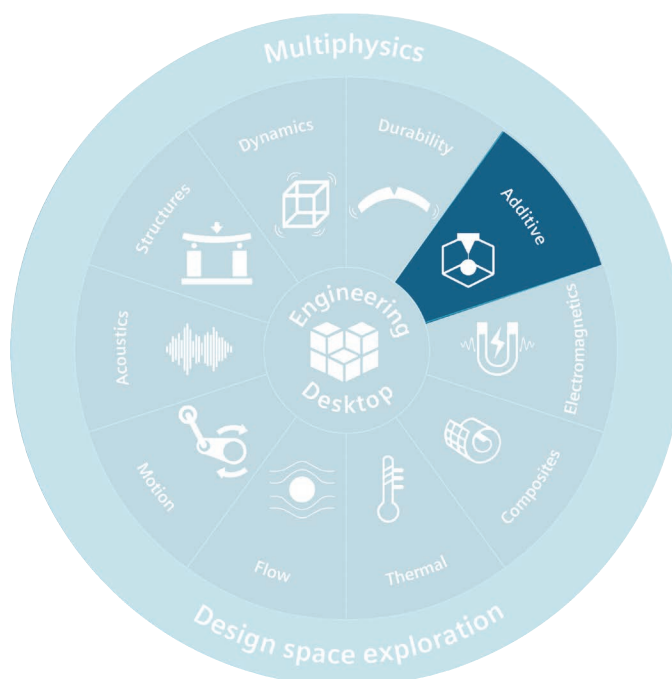
Полная интеграция с комплексным процессом проектирования в NX

Инструменты Simcenter 3D для аддитивного производства прекрасно встраиваются в комплексный рабочий процесс в рамках программного обеспечения Siemens для создания цифрового предприятия. Оптимизированный процесс в том числе рассчитан на пользователей, не являющихся специалистами в области систем автоматизированных инженерных расчетов (CAE).

Платформа для междисциплинарного численного моделирования

Решения Simcenter 3D для аддитивного производства являются частью интегрированной междисциплинарной среды численного моделирования, основой которой является Simcenter 3D Engineering Desktop — централизованная платформа предварительной и постобработки для всех решений линейки Simcenter 3D. Эта интегрированная среда

помогает пользователю ускорить процессы CAE-расчетов и оптимизировать междисциплинарные расчеты в Simcenter 3D — тепломеханические, виброакустические или другие еще более сложные расчеты.



Варианты применения

На сегодняшний день аддитивное производство находится на стадии исследования и разработки. Поскольку процесс изготовления изделий достаточно долгий и затратный, применять его в крупных проектах (в частности, в автомобильной промышленности) пока невыгодно. Тем не менее, в некоторых областях промышленности уже используются новые технологии печати сложных изделий, вытеснившие трудоемкие традиционные способы. Главная цель – производство облегченных деталей с улучшенными механическими свойствами. Аддитивное производство также может применяться для ремонта изделий, изначально изготовленных традиционными способами и отличающихся уникальностью конструкции.

Аэрокосмическая и оборонная промышленность

В космической отрасли уже изготавливаются детали для ракет-носителей. Главная цель – производство облегченных деталей с улучшенными механическими свойствами.

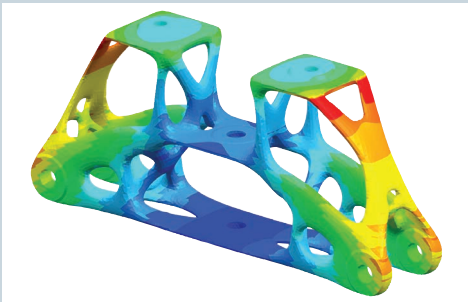
В авиационной промышленности данные технологии находятся на начальной стадии развития. Их цель – изготовление деталей со сложной геометрией.

Производственное оборудование

В энергетике проводятся исследования применимости аддитивного производства для создания лопаток турбин и прочих деталей камеры сгорания. Технологии аддитивного производства могут быть использованы при ремонте турбин.

Автомобильная отрасль

Благодаря технологиям аддитивного производства могут быть изготовлены облегченные конструкции для гоночных автомобилей, а также инновационные бионические конструкции. Генеративный дизайн позволяет разработать новые технологии проектирования деталей, изготовление которых выполняется при помощи аддитивного производства.

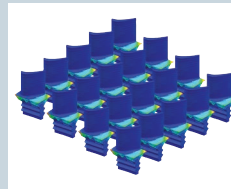


Моделирование процесса печати

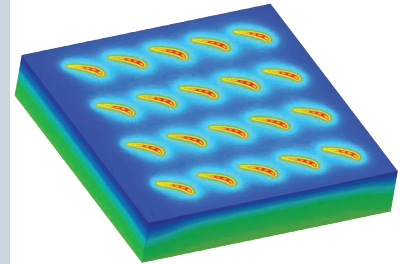
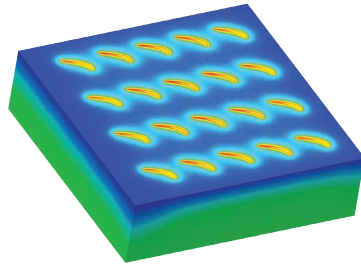
Прогнозирование тепловых деформаций

Коррекция геометрии и успешная печать с первого раза

Интегрированное решение NX для аддитивного производства

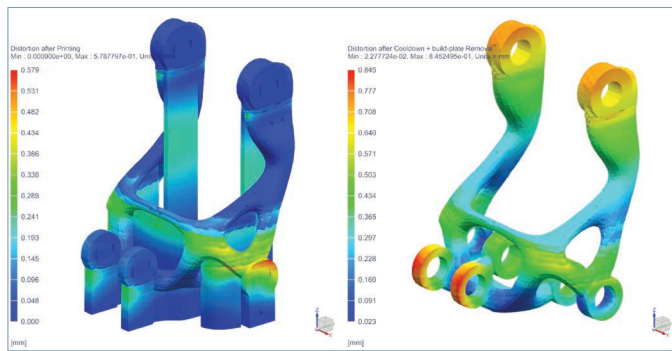


Simcenter 3D



Модуль Simcenter 3D Additive Manufacturing

Модуль Simcenter 3D Additive Manufacturing выполняет численное моделирование аддитивного производства методом селективного лазерного сплавления (SLM). В качестве основы для расчетов используется геометрия будущей детали на модельном лотке, включая все поддерживающие конструкции. Пользователь выбирает нужную деталь, задает параметры процесса печати (материал, число одновременно печатаемых деталей, способ нарезки слоев, характеристики лазера и пр.) и запускает процесс моделирования. В результате показывается распределение температур и деформация детали.



Преимущества модуля

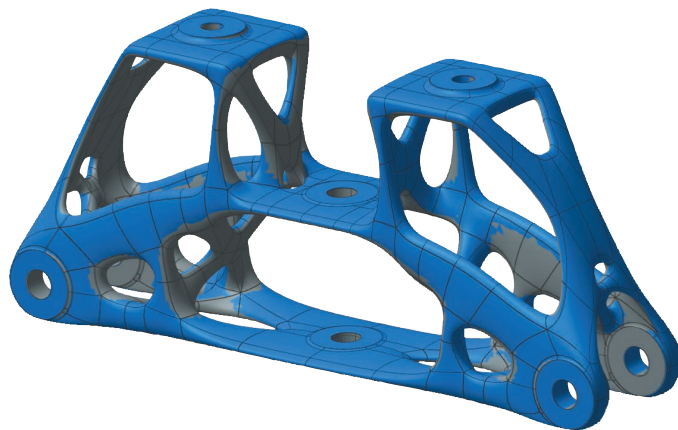
- Моделирование процессов изготовления металлических деталей методом синтеза на подложке
- Полная интеграция со средой аддитивного производства NX™
- Уникальные технологии подготовки модели и проведения расчетов

Основные характеристики

- Комбинированные термомеханические расчеты
- Задание свойств материала и характеристик процесса аддитивного производства
- Учет наличия опорных конструкций
- Анализ распределения температур
- Анализ деформаций до и после удаления опорных конструкций
- Обнаружение столкновений повторного нанесения слоя
- Определение вероятности перегрева
- Эффективное построение графиков жесткости
- Построение скорректированной геометрии

Модуль Omnimesh для Simcenter 3D

Модуль Simcenter 3D Additive Manufacturing выполняет расчет деформации детали в ходе аддитивного производства. Деформированные детали сравниваются с исходным вариантом, а мощные алгоритмы модификации вносят соответствующие корректировки в твердотельную модель. Затем создается новый файл, по которому и выполняется печать детали. Скорректированная геометрия анализируется или сразу отправляется на печать.



Преимущества модуля

- Построение скорректированной твердотельной модели детали
- Создание файлов деталей NX со скорректированной геометрией

Основные характеристики

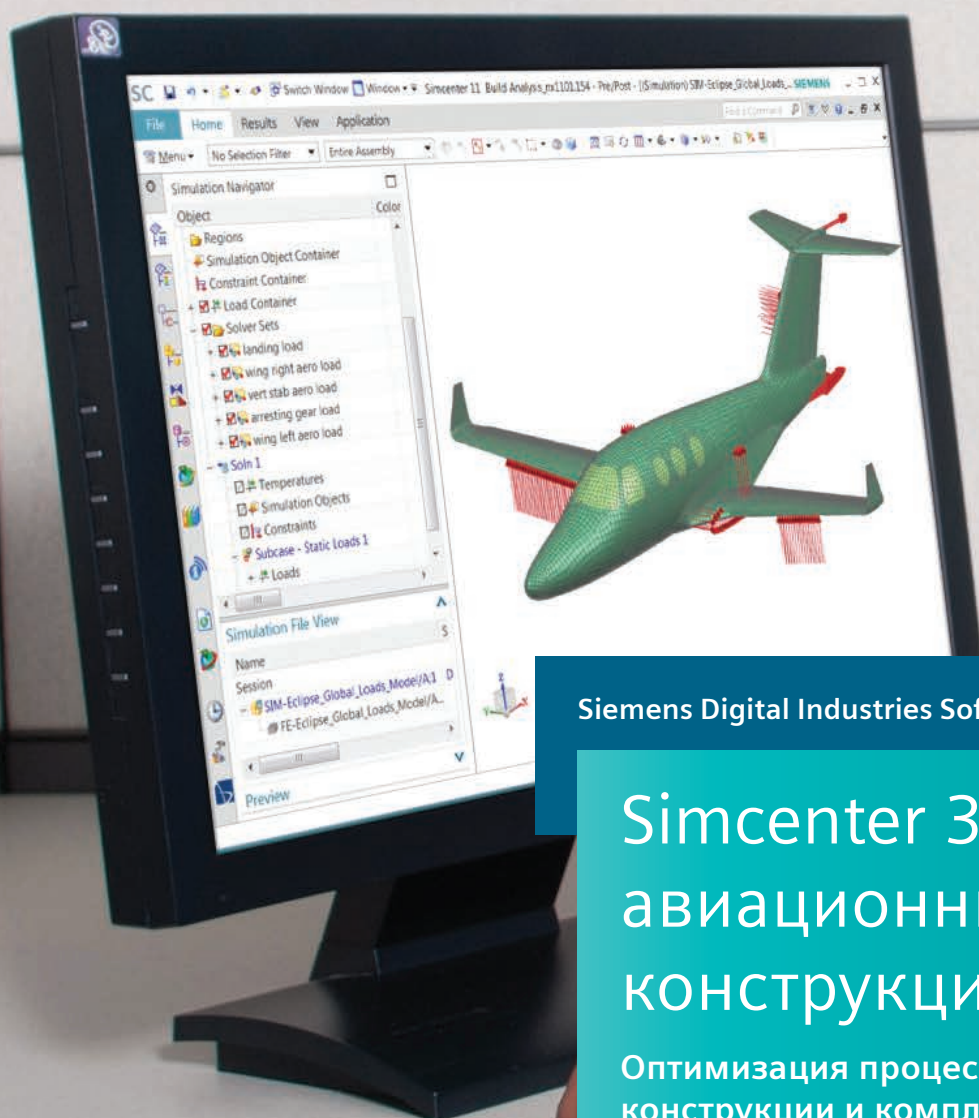
- Построение скорректированной геометрии
- Загрузка полей деформаций из модуля Simcenter 3D Additive Manufacturing
- Полная интеграция в процесс подготовки аддитивного производства



Таблица функциональных возможностей

Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Additive Manufacturing	Модуль Omnimesh для Simcenter 3D
Функции численного моделирования			
Анализ деформаций	Послойное моделирование	•	
Расчет геометрии при различных температурах	Расчет геометрии при различных температурах в ходе изготовления одной или нескольких деталей методом аддитивного производства	•	
Анализ разрушения опорных конструкций	Прогнозирование разрушения опорных конструкций	•	
Обнаружение столкновений повторного нанесения слоя	Выявление слоев с большими деформациями по координате Z	•	
Вероятность перегрева	Определение областей с высокой вероятностью перегрева	•	
Прогнозирование усадки	Анализ жесткости детали и выявление мест усадки	•	
Термомеханический анализ	Выполнение комбинированного термомеханического анализа	•	
Термообработка	Снятие напряжений в никелевых сплавах	•	
Охлаждение	Понижение уровня температуры до температуры окружающей среды	•	
Удаление опорных конструкций	Одноэтапное удаление опорных конструкций и их съем с лотка	•	
Материал			
Металл	Синтез на подложке	•	
Подготовка модели			
Построение конечноэлементной сетки для деталей из порошка	Тепловые расчеты порошковых деталей с использованием конечноэлементной сетки	•	
Построение точной сетки (тетраэдральной)	Сетка, точно воспроизводящая форму детали	•	
Нарезка сетки на слои	Сетка нарезается с получением комплекта слоев	•	
Ручное редактирование конечноэлементной сетки	Гибкое ручное редактирование сетки и параметров моделирования	•	
Однородный материал для опорных элементов	Опорные конструкции из однородного материала (свойства задаются в приложении) моделируются твердотельными сетками	•	
Компенсация			
Создание скорректированной геометрии (твердотельной)	Компенсация деформаций, происходящих в ходе печати		•

Примечание: Для работы модуля Simcenter 3D AM требуется как минимум одна лицензия на систему автоматизированного проектирования. Для работы модуля Omnimesh в Simcenter 3D. требуется наличие лицензии на программный продукт Simcenter 3D AM. Отдельные модули могут потребовать наличия и другого программного обеспечения.



Siemens Digital Industries Software

Simcenter 3D для авиационных конструкций

Оптимизация процесса определения размера
конструкции и комплексной оценки



Преимущества решения

- Выполнение комплексной оценки качества авиационных конструкций в полностью интегрированной среде
- Устранение ошибок и повышение производительности благодаря готовым методам прогнозирования разрушения, приведенным в технических справочниках
- Интуитивная настройка решения на основе накопленного ноу-хау и опыта проектирования авиационных конструкций
- Оптимизация создания отчетов по механическим напряжениям
- Специализированные функции постпроцессинга

Программное обеспечение Simcenter™ 3D, предназначенное для работы с авиационными конструкциями, состоит из модулей Simcenter 3D Aerostructure Environment и Simcenter 3D Margin of Safety. Данные модули, совместимые с решениями Simcenter 3D Engineering Desktop и Simcenter 3D Structures, позволяют оптимизировать процесс определения размерности конструкции и выполнения сквозной оценки.

Наличие мощных инструментов в Simcenter 3D Engineering Desktop с функциями редактирования геометрии и построения сетки идеально подходит для пре-и постпроцессинга. Система Simcenter 3D от Siemens Digital Industries Software, входящая в состав Simcenter, упрощает моделирование, интегрируя высококачественные инструменты для конечноэлементных расчетов и геометрического моделирования. В итоге расчетные модели создаются быстрее, чем в традиционных препроцессорах систем инженерного анализа (CAE-систем). Модуль Simcenter 3D Margin of Safety позволяет выполнять оценку состояния конструкций при помощи стандартных аналитических методов или оригинальных методов, разработанных компанией.

Simcenter 3D для авиационных конструкций

Эффективный анализ запаса прочности

В дополнение к подробному изучению конечноэлементных расчетов, у инженеров есть возможность управлять размерами авиационных деталей и узлов при помощи библиотеки с аналитическими методами проектирования. Отчеты по механическим напряжениям, основанные на результатах анализа и численного моделирования, позволяют инженерам воспользоваться преимуществами интегрированного процесса и обеспечивают экономию времени на протяжении всего цикла проектирования.

С ростом объемов информации и результатов расчетов, которые необходимо передавать между командами, управление моделями, данными и результатами расчетов можно осуществлять в Teamcenter®, обеспечивая их прослеживаемость.

Интегрированное решение для определения запаса прочности

- Специализированные инструменты препроцессинга Simcenter 3D позволяют подготовить модель к расчету запаса прочности сразу для нескольких вариантов нагружения. Simcenter 3D — это мощная и открытая среда пре- и постпроцессинга для последующего проведения расчетов методом конечных элементов. Варианты нагружения можно пометить как «предельные», что облегчает последующий анализ по критерию выхода из строя.
- Специализированные инструменты постпроцессинга концентрируются на самых важных результатах с точки зрения всей конструкции в целом, а также режимов отказа и вариантов нагружения.
- Таблицы результатов с функциями поиска и фильтрации помогают просматривать результаты прочностных расчетов.
- При каждом расчете создается файл отчета с подробным описанием принятых допущений.

- Специальное 3D-окно просмотра запаса прочности и обычный экран отображения постпроцессинга результатов конечноэлементного расчета наглядно показывают проблемные области, требующие изменения конструкции.

Повышение производительности благодаря стандартным методикам

Модуль Simcenter 3D Margin of Safety использует стандартные формулы расчета авиационных конструкций, приведенные в технических справочниках, например — Брун (Bruhn) “Analysis and Design of Flight Vehicle Structures” («Расчеты и проектирование конструкций летательных аппаратов»), М.С.У Нью (M.C.Y. Niu) “Airframe Stress Analysis and Sizing” («Анализ напряжений и выбор размеров авиационных конструкций»), технические бюллетени Национального консультативного комитета по аэронавтике, техническая документация NASA и пр. Каждая методика расчета полностью документирована.

Возможность реализации пользовательских методик расчета

В модуле Simcenter 3D Margin of Safety предусматривается использование пользовательских расчетных библиотек. Наличие готовых расчетных элементов (например, готовых формул для расчета устойчивости, графиков эластичности и стандартных методик расчета) значительно экономит время при реализации пользовательских методик расчета.

Настраиваемые отчеты

Подробный отчет по механическим напряжениям создается в формате Microsoft Word на основе результатов расчета в модуле Simcenter 3D Margin of Safety методом конечных элементов.

Шаблон отчета содержит ключевые слова, задаваемые в соответствии со стандартами предприятия. В шаблон включаются тексты, снимки экрана, сводные таблицы и пр.



Варианты применения

Модуль Simcenter 3D Aerostructure обеспечивает полную прослеживаемость, что необходимо для подготовки к сертификации. Это комплексное решение для выбора размеров конструктивных элементов. Модуль упрощает процессы прочностных МКЭ-расчетов моделей, созданных в CAD-системах, а также расчеты запасов прочности, которые необходимо указывать в отчетных документах. Модуль Simcenter 3D Aerostructure — масштабируемое решение, в которое в виде библиотек можно включать собственные методики расчета запаса прочности.

Ассоциативность CAD- и CAE-моделей повышает эффективность проведения конструкторских изменений.

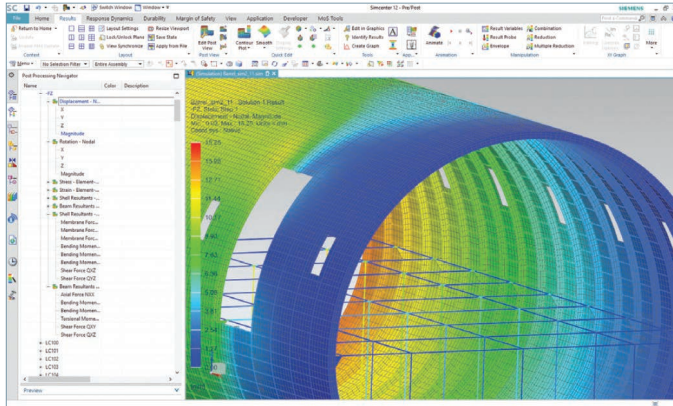
Аэрокосмическая и оборонная промышленность

Специализированное приложение для подбора размеров планера, крыльев и всего самолета в целом.



Среда Simcenter 3D Aerostructure

Среда Simcenter 3D Aerostructure содержит целый ряд инструментов для численного моделирования. Наличие данной среды обязательно для работы модуля Simcenter 3D Margin of Safety.



Преимущества модуля

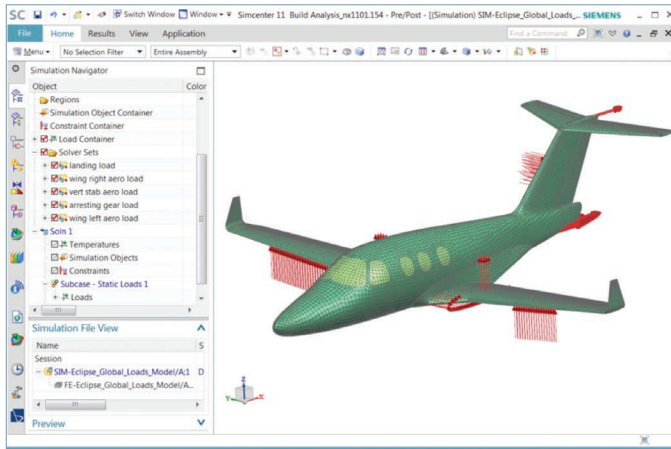
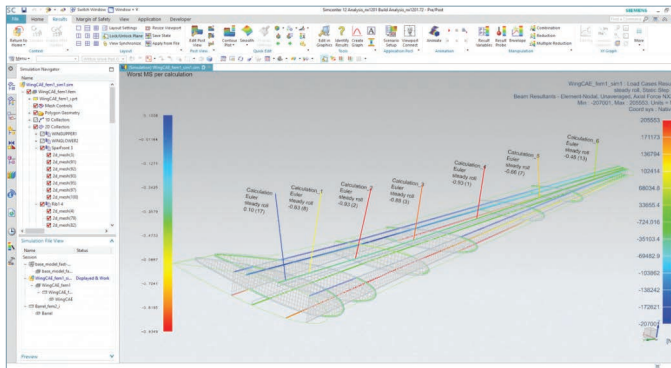
- Использование наборов вариантов нагружения для проведения важнейших прочностных расчетов
- Единая среда для проведения прочностных расчетов упрощает освоение системы, расширяя число потенциальных пользователей

Основные характеристики

- Пометки вариантов нагружения: Варианты нагружения можно пометить как «предельные», что облегчает последующий анализ по критерию выхода из строя

Модуль Simcenter 3D Margin of Safety

Модуль Simcenter 3D Margin of Safety помогает организовать оптимизированный и прослеживаемый подход к выбору размеров авиационных конструкций на уровне всего предприятия. Модуль рассчитывает все необходимые параметры — от статических нагрузок до запаса прочности.



Преимущества модуля

- Интегрированное решение для определения размеров авиационных конструкций, обеспечивающее полную прослеживаемость, необходимую для прохождения сертификации
- Оптимизация всех процессов — от проектирования и КЭ-анализа до расчета запаса прочности и создания отчетов
- Масштабируемое решение, в которое в виде библиотек можно включать собственные методики расчета запасов прочности
- Ассоциативность CAD- и CAE-моделей повышает эффективность проведения конструкторских изменений

Основные характеристики

- Имеющиеся в Simcenter 3D специализированные инструменты препроцессинга позволяют подготовить модель к расчетам запаса прочности при различных вариантах нагружения одновременно. Это мощная открытая среда пре- и постпроцессинга для последующего проведения расчетов методом конечных элементов
- Специализированные инструменты постпроцессинга концентрируются на самых важных результатах с точки зрения всей конструкции в целом, а также режимов разрушения и вариантов нагружения
- Таблицы результатов с функциями поиска и фильтрации помогают просматривать результаты прочностных расчетов
- При каждом расчете создается файл отчета с подробным описанием принятых допущений
- Специальное 3D-окно просмотра запаса прочности и обычный экран отображения постпроцессинга результатов КЭ-расчетов наглядно показывают проблемные области, требующие изменения конструкции

Таблица функциональных возможностей

Общие функции	Дополнительные функции	Среда Simcenter 3D Aerostructure	Модуль Simcenter 3D Margin of Safety
Расчеты запаса прочности			
Связь с CAD и КЭ-решателями	Ассоциативная связь с CAD и КЭ-решателями обеспечивает автоматическое обновление геометрии и нагрузок	+	•
	Извлечение данных из CAD (геометрии)	+	•
	Извлечение данных из КЭ-модели (геометрия, внутренние нагрузки)	+	•
	Оптимизация геометрии и нагрузок		•
Расчеты запаса прочности	Стандартные и пользовательские аналитические методы расчета		•
	Реализованные в Simcenter методики расчета металлических конструкций		•
	Реализованные в Simcenter методики расчета композиционных материалов		•
Постпроцессинг результатов расчетов запаса прочности	Специализированные инструменты постпроцессинга результатов расчетов запаса прочности		•
	Автоматическое создание отчетов о механических напряжениях	+	•
Препроцессинг при расчете запаса прочности			
Геометрия			
Источник геометрии	Геометрия из CAD-системы		•
	Геометрия из конечноэлементной модели		•
	Пользовательская геометрия		•
	Пакетная загрузка геометрии		•
Упрощение геометрии	Заданные правила упрощения		•
	Настраиваемые правила упрощения		•
Нагрузки			
Источник нагрузок	Получение нагрузок по результатам линейного статического КЭ-расчета (в Simcenter Nastran®, решатель SOL101)		•
	Получение нагрузок по результатам линейного статического КЭ-расчета (в MSC Nastran, решатель SOL101)		•
	Извлечение нагрузок через свободное тело		•
	Нагрузки указываются пользователем		•
	Нагрузки загружаются из внешних файлов		•

Общие функции	Дополнительные функции	Среда Simcenter 3D Aerostructure	Модуль Simcenter 3D Margin of Safety
Подготовка нагрузок	Групповые варианты нагружения (комплекты нагружений)	+	•
	Комбинированные варианты нагружения	+	•
	Задание границ вариантов нагружения (фильтрация, выбор вариантов по результатам расчета)	+	•
	Указания требований к прочности (предельная, разрушающая нагрузка) для каждого варианта нагружения	+	•
Упрощение нагрузок	Заданные правила упрощения		•
	Пользовательские правила упрощения		•
Материал			
Металлы	Металлы под статическими нагрузками (изотропные, ортотропные и анизотропные)		•
Композиционные материалы	Композиты (с длинными однонаправленными волокнами)		•
Расчет запаса прочности			
Типы расчета	Аналитический расчет		•
	Расчет методом конечных элементов		•
Варианты расчета напряжений	Статические нагрузки на металл		•
	Статические нагрузки на композиты		•
Расчет	Управление расчетами запаса прочности		•
	Пакетный режим		•
Реализованные в Simcenter методики расчета металлических конструкций (полная интеграция)			
Режимы разрушения	Расчет растяжений, сжатий и сдвига		•
	Расчет по критерию пластичности Треска (напряжение в плоскости)		•

Общие функции	Дополнительные функции	Среда Simcenter 3D Aerostructure	Модуль Simcenter 3D Margin of Safety
Расчет устойчивости по методике Бруна	Расчет устойчивости пластин (плоских и изогнутых) при различных вариантах нагружения (сжатие, сдвиг, изгиб, комплексное воздействие)		•
	Расчет устойчивости стержней (по Эйлеру, Эйлеру-Джонсону, Эйлеру-Энгессеру)		•
	Расчет устойчивости при кручении		•
	Анализ деформации профиля		
Расчет резьбовых соединений по методикам Бруна и NASA	Расчет устойчивости заклепок		•
	Сдвиг, изгиб, растяжение, взаимодействие крепежа с деталями		•
	Перераспределение нагрузки по резьбовому соединению		•
Расчет свойств материалов	Пластическая деформация (таблицы поправочных коэффициентов, зависимость деформаций от напряжений в зоне пластической деформации)		•
	Свойства материалов (расчетное допустимое напряжение сдвига F_{sy} , секущий модуль, касательный модуль, напряжение $F_{0,7}$)		•
Реализованные в Simcenter методики расчета композитных материалов (полная интеграция)			
Анализ устойчивости	Расчет устойчивости пластин при различных вариантах нагружения (сжатие, сдвиг, комплексное воздействие)		•
Специализированные инструменты постпроцессинга результатов расчетов запаса прочности			
	3D-постпроцессинг при расчете критических значений запаса прочности, подготовке вариантов нагружения и режимов разрушения		•
	Таблицы критических значений запаса прочности, вариантов нагружения и режимов разрушения		•
	Ведение подробного журнала хода расчета		•
Автоматическое создание отчетов о механических напряжениях			
	Структурированный документ,готавливаемый на основе шаблона	•	•
	Таблица критических значений запасов прочности		•
	3D-снимки состояний конструкции (CAD-модель, результаты МКЭ-расчета и пр.)	•	•
	Характеристики материала	•	•

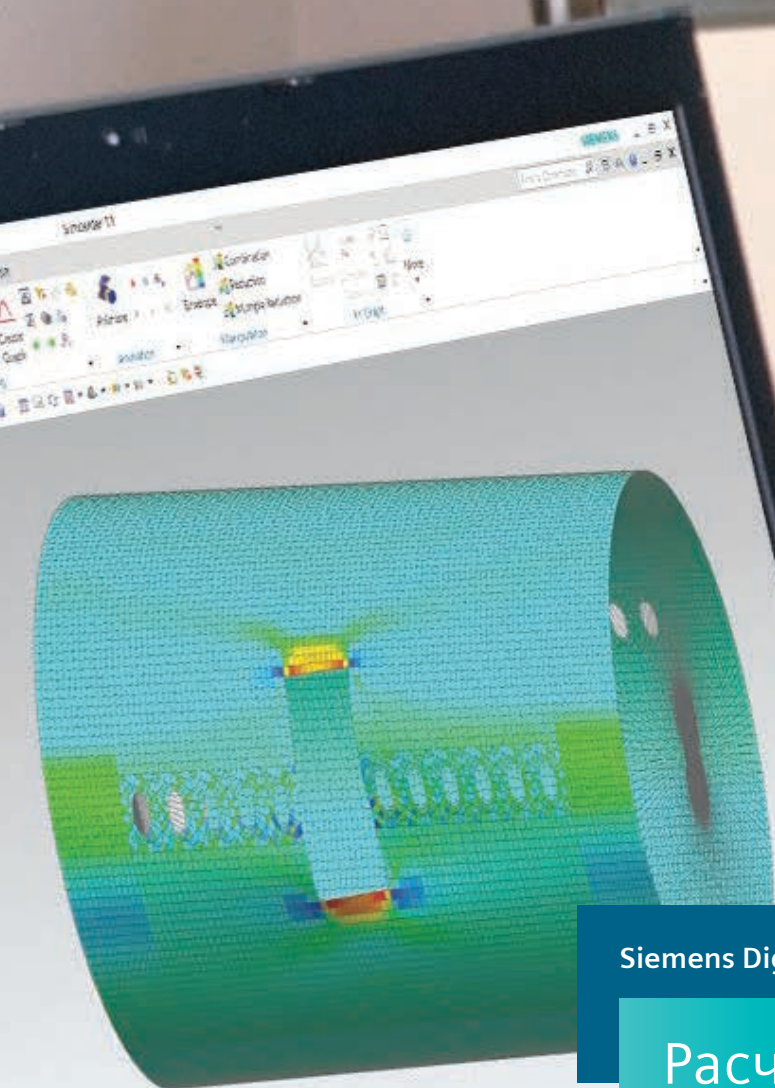
Общие функции	Дополнительные функции	Среда Simcenter 3D Aerostructure	Модуль Simcenter 3D Margin of Safety
Открытость			
Интеграция новых методик расчета	Интеграция пользовательских методик, (например, ранее используемых решателей) или запуск внешнего исполняемого файла		•
	Быстрое задание математических уравнений		•
	Средства записи макросов и автоматизации высокоуровневых процессов (например, автоматическое воспроизведение серии щелчков мышью)	•	•
	Пользовательские материалы	•	•
	Добавление пользовательских свойств материалов (например, диапазонов допустимых значений)	•	•
	Добавление пользовательских профилей поперечных сечений	•	•
	Учет значений запаса прочности на этапе постпроцессинга (в том числе при просмотре файлов с результатами во внешнем инструменте просмотра)		•
Документация			
	Документация для конечного пользователя	•	•
	Документация по описанию методик расчета		•
	Документация по подключению новых методик расчета		•
Внедрение системы			
Указание по внедрению для конечных пользователей	Распространение инновационных методик		•

Обозначения:

• = выполняется самим модулем

+ = требуется установка дополнительного продукта

Примечание: Наличие лицензии на Simcenter 3D Engineering Desktop является минимальным предварительным требованием для работы всех продуктов линейки Simcenter 3D. Отдельные модули могут потребовать наличия и другого программного обеспечения.



Siemens Digital Industries Software

Расчеты композиционных материалов в Simcenter 3D

Совершенствование процессов разработки легких и надежных конструкций



Преимущества решения

- Снижение массы, создание долговечных и безопасных конструкций
- Изучение поведения деталей из композиционных материалов, удаление лишнего материала
- Контроль и сокращение затрат на разработку сложных композиционных конструкций
- Устранение рисков путем строгого контроля за процессами в среде для совместной работы
- Численное моделирование процессов изготовления композиционных материалов
- Учет возможных технологических дефектов (например, упругая деформация после отверждения) на ранних этапах проектирования

В решении Simcenter™ 3D от Siemens Digital Industries Software имеется полный набор инструментов и цифровых рабочих процессов для прогнозирования классического разрушения первого слоя, расчета напряжений, проведения комбинированных тепловых и тепло-механических расчетов включая моделирование процесса изготовления и термоотверждения. Поддерживается проектирование изделий с непрерывными волокнами — материалы с однонаправленными слоями, типа «сэндвич», плетеные, армированные волокном.

Масштабируемое решение для численного моделирования композитов

В Simcenter 3D выполняется моделирование не только композиционных, но и других современных материалов — например, сетчатых конструкций и пластичных материалов. Это эффективная среда проектирования изделий из композиционных материалов, содержащая широкий спектр инструментов построения средних поверхностей и быстрого редактирования геометрии. Simcenter 3D успешно работает с большими сборками, поддерживает работу с атрибутами компонентов, позволяет описывать физические свойства композитных материалов или пластика, армированного волокном.

Расчеты композиционных материалов в Simcenter 3D

Мощные средства моделирования

Simcenter 3D Laminate Composites — модульный пакет инструментов для проектирования конструкций из композиционных материалов (с непрерывными волокнами). Удобные инструменты описания слоеных материалов помогают быстро создавать 2D- и 3D-конечноэлементные модели изделий, а также оптимизировать и проверять композитные конструкции в выбранном решателе. Кроме того, есть все необходимое для моделирования и контроля процесса укладки слоев.

Предусмотрено моделирование таких нелинейных эффектов, как последовательное разрушение. Для этого используется специальный метод построения конечноэлементной сетки, позволяющий моделировать клеевые слои.

Ускорение разработки моделей слоеных материалов

Модуль Simcenter 3D Laminate Composites ускоряет разработку моделей композитов. Пользователь выбирает моделирование по зонам, моделирование по слоям или комбинированный подход. Такие параметры, как ориентация волокон и описание структуры материала, можно импортировать из специализированных систем проектирования композитов. Например, предусмотрен двусторонний обмен описаниями слоеных материалов с системой Fibersim™, применяемой разработчиками композитов. Возможен прямой импорт описаний слоев из файлов формата .prt системы Simcenter 3D либо из файлов формата HDF5. Кроме того, имеются специальные интерфейсы для передачи описаний зон и слоев.

Повышение точности расчетов композитных материалов

Реализованные в модуле Simcenter 3D Laminate Composites алгоритмы укладки слоев прогнозируют ориентацию волокон и сдвиговые напряжения, возникающие в однонаправленных и плетеных слоях при их укладке на поверхности двойной кривизны и неразвертываемые поверхности. В Simcenter 3D пользователь задает начальную точку и направление укладки, либо указывает начальную кривую. Затем задается размер элементов конечноэлементной сетки и просматриваются развертки слоев.

Simcenter 3D расширяет границы применимости классического метода конечных элементов при расчетах композитных материалов. В результате удается выполнять прочностные расчеты с учетом сильно нелинейного поведения композитов, а также моделировать такие сложные явления, как отверждение термореактивных пластмасс. При численном моделировании композитных материалов используются возможности междисциплинарных расчетов в Simcenter 3D — кинематических, тепловых и расчетов долговечности.

Эффективное создание 3D-моделей укладки слоев

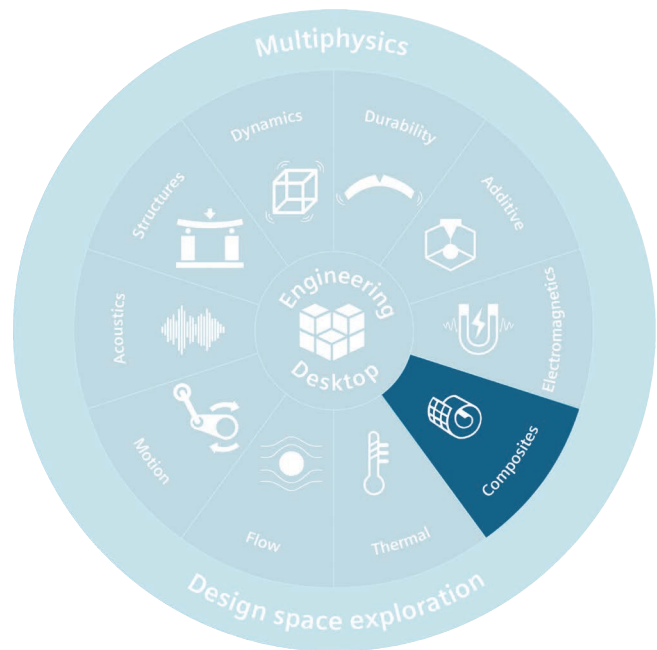
Модуль Simcenter 3D Laminate Composites 3D автоматически создает точные твердотельные модели слоеных материалов, которые практически невозможно построить вручную.

Предусмотрено выдавливание твердотельной модели по нормали к 2D-сетке или заполнение объема между двумя связанными сетками. Предусмотрено заострение краев центральных слоев и слоев наполнителя. Специальный инструмент моделирования сэндвич-панелей выполняет автоматическое построение 2D- и 3D-моделей лицевых слоев. Пользователь задает число твердотельных моделей центральных слоев. Для расчетов процесса расслоения в Simcenter Samcef® между выбранными слоями добавляются элементы, моделирующие клеевой слой.



Платформа для комбинированных расчетов

Решение Simcenter 3D для расчета композитных материалов являются частью интегрированной междисциплинарной среды численного моделирования, основой которой является Simcenter 3D Engineering Desktop — централизованная платформа пре- и постпроцессинга для всех решений линейки Simcenter 3D. Эта интегрированная среда ускоряет инженерного анализа (CAE-) процессы и упрощает междисциплинарный анализ, когда расчеты динамики объединяются, например, с расчетами кинематики и (или) шумов и вибраций в композитных материалах. Срок службы композитной конструкции по критерию усталостной прочности рассчитывается в соответствующих модулях Simcenter 3D. Результаты расчета по конечноэлементным моделям сравниваются с результатами натурных испытаний. Для этого применяются инструменты корреляции и обновления моделей.



Расчеты композитов, армированных короткими и длинными волокнами.

Варианты применения

Моделирование композитных материалов в Simcenter 3D применяется в самых различных отраслях, но наиболее широко — на авиационно-космических предприятиях, так как именно в этой отрасли ведется постоянная борьба за снижение массы изделий. К этим отраслям относятся:

Аэрокосмическая и оборонная промышленность

- Композитные планеры — прочность, долговечность, модальные частоты
- Композитные крылья — прочность, деформация обшивки, модальные частоты
- Космические аппараты — снижение массы
- Ракетоносители — тепловые напряжения, нагрузки при маневрировании, усилия в точках крепления полезной нагрузки, снижение массы
- Вентиляторы двигателей — нагрузки на вращающиеся узлы, деформации, композиты
- Корпуса авиационных двигателей — нагрузки на подшипники, нагрузки при маневрировании, снижение массы
- Инструменты технологического проектирования — моделирование термоотверждения
- Проектирование основных узлов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), тяг, стоек, телескопических конструкций, патрубков обдува, креплений приводов, лопастей вентиляторов и турбин

Автомобилестроение и транспорт

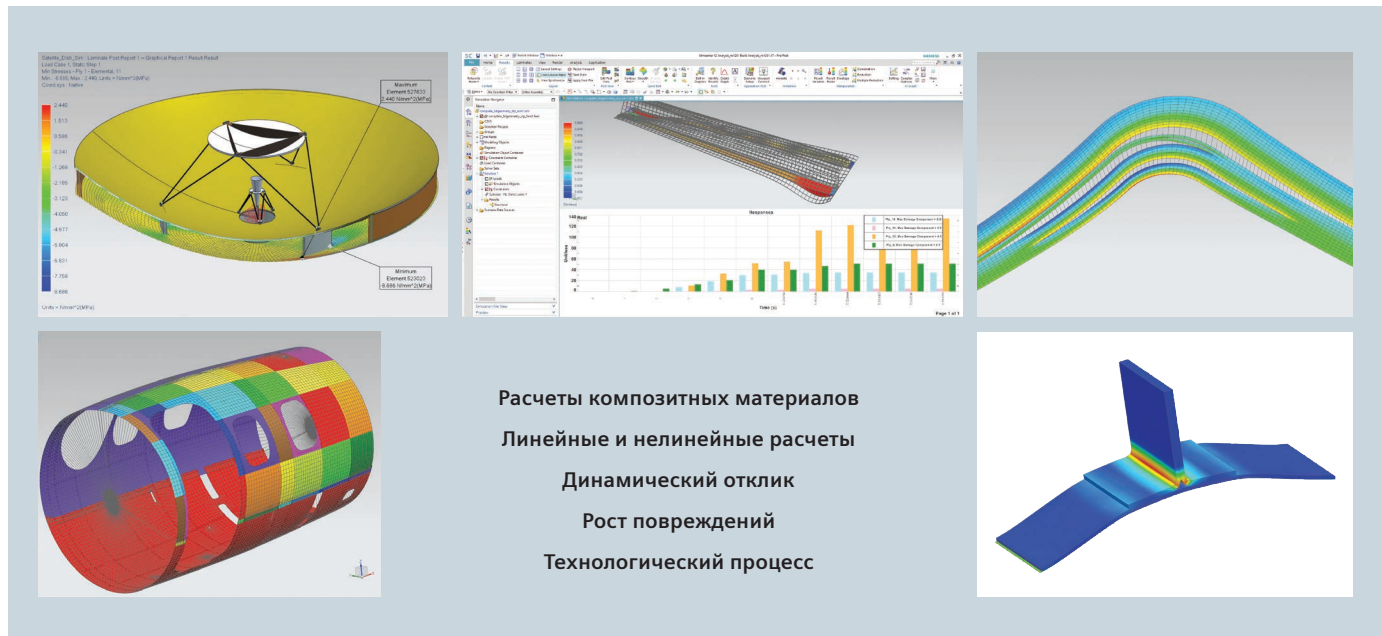
- Кузов — поведение крыши при аварии, прочность кузовных панелей, жесткость, долговечность каркаса, снижение массы
- Шасси — нагрузки при движении, деформация подвески
- Инструменты технологического проектирования — моделирование термоотверждения
- Ведущие валы, рычаги подвески, кронштейны, деформируемые при аварии конструкции, каркасы сидений

Судостроение

- Корабли, яхты, спортивные суда — жесткость, деформация, прочность, снижение массы
- Корпус — прочность обшивки
- Переборки — прочность
- Корпуса, палубы и надстройки судов

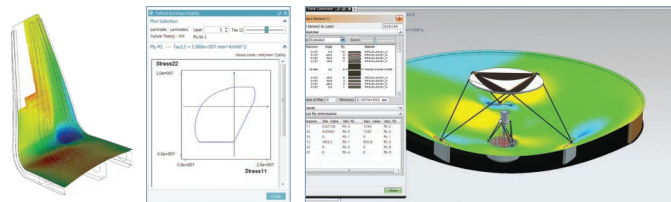
Электроника

- Портативное оборудование в корпусах из композитных материалов — моделирование падения, расчет напряжений в пластиковых деталях



Модуль Simcenter 3D Laminate Composites

Удобные инструменты описания слоеных материалов в модуле Simcenter 3D Laminate Composites помогают быстро создавать конечноэлементные модели изделий из композиционных материалов. Модуль Simcenter 3D Laminate Composites предназначен для создания, оптимизации и контроля композитных конструкций с применением решателей Simcenter Nastran®, Simcenter Samcef, MSC Nastran, ANSYS, Abaqus или LS-DYNA. При постпроцессинге в табличном и графическом виде представляются результаты расчета слоеных материалов — предельные механические напряжения, деформации и индексы разрушения в различных условиях нагружения.



Преимущества модуля

- Ускорение создания моделей композитов. Предусмотрены варианты моделирования по зонам, слоям или комбинированный подход
- Открытая архитектура решателей в Simcenter 3D позволяет выполнять самые сложные динамические и нелинейные расчеты, оценку постепенного разрушения и моделирование процессов расслаивания

Основные характеристики

- Ассоциативность поддерживает актуальность расчетной модели при внесении изменений в геометрию
- Использование описаний композитных материалов, созданных в таких системах автоматизированного проектирования, как Fibersim, CATIA и др.
- Использование библиотек стандартных материалов в Simcenter, создание описаний композитов путем указания свойств армирующих волокон и матрицы, моделирование материалов с плетеными, однонаправленными слоями, короткими случайно ориентированными волокнами и частицами, моделирование центральных слоев
- Удобное назначение композитов и отдельных слоев выбранным элементам геометрии, конечноэлементным сеткам и ее участкам
- Повышение точности расчётов методом конечных элементов благодаря учету ориентации деформированных волокон
- Инструменты постпроцессинга помогают быстро выявлять критически нагруженные слои и условия нагружения с применением классических и пользовательских схем расчета, а также генерировать соответствующие отчеты

Решатель Simcenter Samcef

Simcenter Samcef служит для расчета деталей и узлов из композитных материалов. Он позволяет не только выполнять классический линейный и нелинейный анализ, но и прогнозировать рост дефектов (в том числе внутри слоев и между ними). Сюда относятся оценка расслаивания и сложные сценарии, когда дефекты обоих типов растут совместно.

Термоотверждение реактопластов приводит к возникновению нежелательных деформаций, для устранения которых приходится вводить дополнительные технологические операции. В Simcenter Samcef имеются эффективные технологии тепловых и прочностных расчетов, а также функции тепловых, химических и механических расчетов, что позволяет прогнозировать остаточные напряжения после термоотверждения. Система эффективно оптимизирует технологические процессы, сравнивая различные варианты цикла термоотверждения, и компенсирует деформации, возникающие при извлечении детали из формы. Таким образом выполняется численное моделирование геометрии композитной детали в состоянии изготовления (в отличие от конструкторской модели).

Преимущества модуля

- Снижение массы на заданную величину, создание долговечных и безопасных конструкций
- Проектирование с учетом требований технологичности
- Изучение поведения деталей из многослойных композитных материалов, повышение безопасности изделий
- Выявление и оптимизация непредвиденных деформаций в ходе термоотверждения

Основные характеристики

- Статический, динамический и тепловой анализ моделей композитных изделий с учетом нелинейных свойств материалов и геометрии
- Обширная библиотека конечных элементов (от 2D-оболочек до сплошных 3D-элементов), моделирование зоны склейки
- Расчеты ортотропных, анизотропных, билинейных материалов, точное прогнозирование постепенно развивающихся повреждений, включая комбинированные повреждения слоев и межслойные повреждения
- Определение индексов разрушения слоев, удельной прочности, стандартные результаты расчетов методом конечных элементов

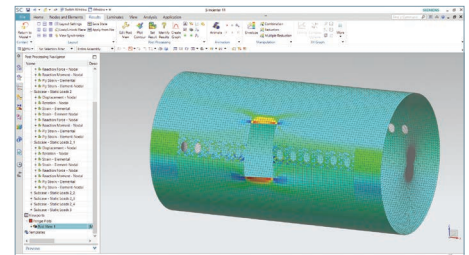
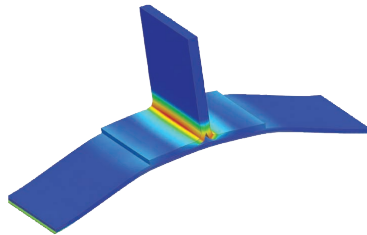
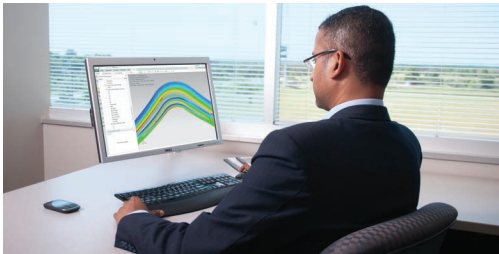


Таблица функциональных возможностей

Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Laminate Composites	Решатель Simcenter Samcef
Типы композитных материалов			
С однонаправленными слоями		•	•
С плетеными слоями		•	•
Сэндвич-панели		•	•
Намотка волокном			•
Полимеры, армированные волокном			•
Расчеты			
Линейный статический расчет с несколькими вариантами нагружения			•
Модальный анализ			•
Расчет устойчивости (на основании результатов линейного статического анализа) с несколькими вариантами нагружения			•
Нелинейный статический анализ нескольких вариантами	Влияние больших перемещений		•
	Влияние больших деформаций		•
Автономный расчет устойчивости			•
Тепловые расчеты(в установившемся или неустойчивом режиме)			•
Сопоставление температурного поля, температур стеклоткани, степени отверждения			•
Создание суперэлементов, расчеты с применением суперэлементов			•
Рекомбинация расчетов в условиях круговой симметрии			•

Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Laminate Composites	Решатель Simcenter Samcef
Моделирование композитов			
Моделирование и валидация композитов	Моделирование по слоям	•	•
	Моделирование по зонам	•	•
	2D-модели композитов (слоистые оболочки)	•	•
	3D-модели слоеных материалов (слоеные 3D-твердотельные модели), в том числе с автоматическим построением	•	•
	Автоматическая генерация клеевых слоев	•	•
	Удаляемые элементы		•
	Анизотропное поведение плетеных слоев при сдвиге	•	•
	ABD-матрицы и эквивалентные свойства	•	
	Отображение ориентации волокон	•	
	Отображение сечений слоев	•	
Взаимодействие с CAD-системами	Просмотр центральных слоев	•	
	Fibersim	•	
Постпроцессинг и подготовка отчетов	CATIA, системы моделирования композитов	•	
	Представление информации в графическом и табличном виде	•	
	Отображение по слоям и вариантам нагружения	•	•
	Подготовка отчетов, предварительные требования к программному обеспечению	•	
	Расчеты по классическим и пользовательским методикам оценки разрушения	•	
	Представление результатов расчета по различным методикам в едином отчете	•	•
	Индексы разрушения слоев, удельная прочность, запасы прочности	•	•
	Метарешения при расчете динамических возмущений	•	
	Индексы разрушения при гармонических синфазных воздействиях	•	
	Индексы разрушения при случайных и пиковых воздействиях	•	

Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Laminate Composites	Решатель Simcenter Samcef
Материалы			
Изотропные			•
Температурные зависимости			•
Ортотропные			•
Температурные зависимости			•
Анизотропные			•
Температурные зависимости			•
Сверхпластичные	Модель Муни-Ривлина		•
	Модель Арруда-Бойса	◦	
	Модель Огдена		•
	Вспененные материалы		•
	Модель Харта-Смита	◦	
	Модель Александра	◦	
	Модель Марлоу	◦	
	На основе испытаний	◦	
	Эффект Маллинза		•
	Эффекты вязкоупругости		◦
Нелинейные упругие материалы			•
Материалы уплотнений			◦
Вязкоупругие материалы			•
Пластичность	Температурные зависимости		•
	Билинейные		•
	Многолинейные		•
	Разрушение		•
	Изотропное упрочнение		•
	Кинематическое упрочнение		•
	Смешанное упрочнение		•
	Круговая пластичность		
	Влияние скорости деформации		◦
Ползучесть	Модель Бэйли-Нортон		•
	Энергетическая модель деформационного упрочнения		•
	Модель Нортон	◦	
	Модель Гарафоло	◦	
	Температурные зависимости		•

Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Laminate Composites	Решатель Simcenter Samcef
Вязкоупругие материалы			•
Задаваемые пользователем			◦
Композитные материалы			
Оболочечные элементы(одно- и многослойные)			•
Твердотельные элементы(одно- и многослойные)			•
Индексы разрушения			•
Соотношения прочности			•
Расслаивание			•
Постепенное разрушение			•
Нелокальные законы			•
Моделирование термоотверждения			•
Конечные элементы			
3D-твердотельные модели			•
2D-твердотельные модели	Осесимметричные		•
	Напряжения в плоскости		•
	Деформация в плоскости		•
	Деформация в обобщенной плоскости		◦
Оболочки			•
Вывод толщины			•
Диафрагма			•
Твердотельные оболочки			•
Балки			•
Нелинейные эффекты			•
Пружины			•
Нелинейные вынужденные перемещения			•
Стержни			•
Жесткие тела	Влияние больших углов поворота		•
	Жесткая модель (RBE2)		•
	Ограниченная жесткая модель (RBE3)		•
Уравнения U-P			•
Потенциал жидкости			◦
Добавление и удаление			•

Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Laminate Composites	Решатель Simcenter Samcef
Алгоритмы			
Статические расчеты (явные)			•
Расчеты в неустановившемся режиме (явные)			•
Комбинированные термомеханические расчеты			◦
Модальные расчеты			•
Комплексные модальные расчеты			◦
Анализ устойчивости			•
Многоэтапные расчеты			•
Расчет по длине дуги			•
Автоматический выбор шага по времени			•
Системы с общей памятью (SMP)			•
Распределенная память с параллельной архитектурой (DMP)			•
Суперэлементы			•
Расчет восстановления формы, включая оценку напряжений			•
Моды круговой симметрии			•
При моделировании многоступенчатой турбины с циклической симметрией			•
Гармонические моды			◦
Повторные расчеты			•
Соединения			
Клеевые соединения	Скользящие клеевые соединения		•
	Большие перемещения		•
Болтовые соединения	1D		•
	2D		•
	3D		•
	Пошаговые расчеты болтовых соединений		•
	Вывод усилий в болтах		•
Многоточечные ограничения (MPC)			•

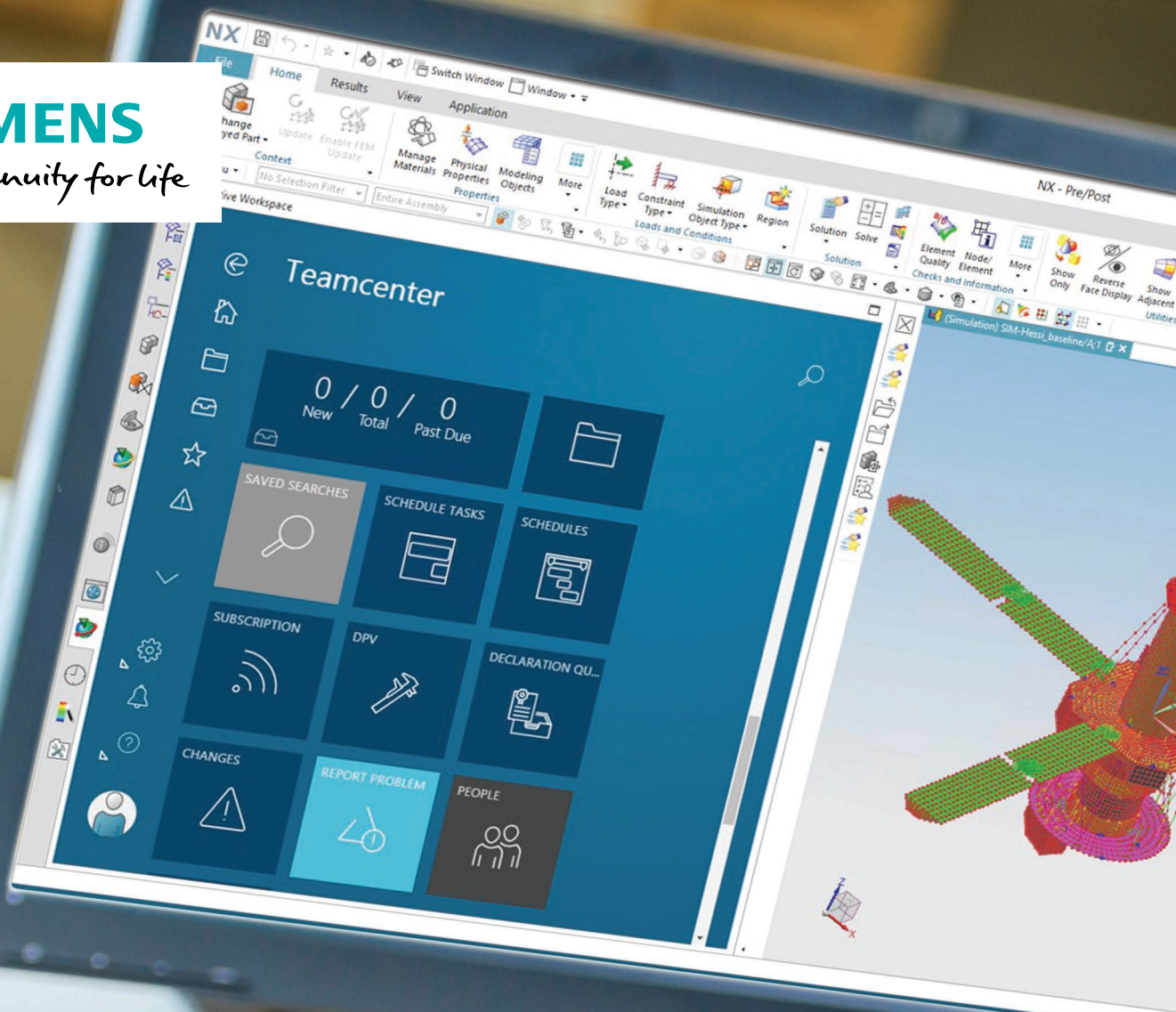
Общие функции	Дополнительные функции	Модуль Simcenter 3D Laminate Composites	Решатель Simcenter Samcef
Контактное взаимодействие	Функция Кулона		•
	Другие модели трения		•
	Плотные контакты		•
	Проникновение жидкости под давлением		•
	Температурные зависимости		•
	Вывод расстояний между элементами		•
	Вывод длины скольжения		•
	Вывод давления		•
	Пошаговые изменения		◦
	Контакт «узел-грань»		•
	Контакт «узел-узел»		•
Кинематические шарниры			◦
Нагрузки и граничные условия			
Сила тяжести			•
Силы и моменты			•
Давление			•
Распределенные нагрузки			•
Температура	3D (с изменением в пространстве)		•
	4D (с изменением в пространстве и времени)		•
	Загрузка температурных нагрузок из внешних файлов		•
Принудительное движение			•
Задание начальных напряжений и деформаций	Неуравновешенные		•
	Уравновешенные		
Расчет начальных повреждений в композитных материалах			•
Ограничения			•
Пошаговые изменения			•
Погрешности в геометрии			•

Обозначения:

- = поддерживается в решателе и в среде моделирования
- = поддерживается в решателе, ограниченная поддержка в среде моделирования

Примечание: Наличие лицензии на Simcenter 3D Engineering Desktop является минимальным предварительным требованием для работы всех продуктов линейки Simcenter 3D. Отдельные модули могут потребовать наличия и другого программного обеспечения.

SIEMENS
Ingenuity for life



Siemens Digital Industries Software

Работа с Simcenter 3D в управляемой среде

Полная прослеживаемость процессов и данных численного моделирования в контексте разработки изделия

siemens.com/simcenter3d



Преимущества решения

- Быстрое получение результатов благодаря стандартизации и автоматизации процессов численного моделирования
- Выполнение все более сложных видов расчетов во все больших объемах на основе управления данными и процессами
- Ускорение поиска данных, расширение повторного использования ранее полученных результатов
- Полная прослеживаемость на всех этапах — от задания требований до конструирования и контроля проектных решений — гарантирует достоверность результатов численного моделирования
- Прозрачность процесса и результатов численного моделирования упрощает управление программами и выполнение последующих этапов разработки
- Снижение стоимости внедрения и рисков путем использования платформы Teamcenter в качестве единого решения для управления данными

Simcenter™ 3D предназначен для работы в управляемой среде и интеграции с Teamcenter®. При использовании Simcenter 3D совместно с Teamcenter связанные с численным моделированием изделий данные создаются, хранятся и просматриваются среде Teamcenter. Таким образом, объединяются возможности Simcenter 3D для мультифизического моделирования и Teamcenter для контролируемого хранения и извлечения информации.

Для управления данными численного моделирования в Teamcenter файл с идеализированной деталью, файл с конечноэлементной сеткой и файл с результатами расчета хранятся по отдельности с учетом версии каждого файла, а также взаимосвязей с мастер-моделью детали и друг с другом. Таким образом достигается полная прослеживаемость процесса и данных численного моделирования при разработке.

Поддержка управления процессом численного моделирования

Teamcenter выполняет управление процессами численного моделирования, обеспечивая прослеживаемость данных конечноэлементных расчетов и управление ими.

Работа с Simcenter 3D в управляемой среде

При помощи такой специальной модели и наборов данных удается:

- Отслеживать различные версии файлов с конечноэлементными сетками и результатами расчетов. При создании новой сетки или расчета необходимо указать номер, наименование и ревизию.
- Создавать КЭ-модель для проведения расчета с использованием заблокированного файла мастер-детали
- Выполнять в Teamcenter поиск вида «Где ссылается» по данным численного моделирования. Например, можно найти все расчеты, выполненные для указанной мастер-детали
- Создание версии элементов CAE-данных и редактирование взаимосвязи между данными в инструменте «Менеджер CAE» в клиенте Teamcenter
- Создание и управление структурами CAE-моделей в инструменте «Менеджер CAE» в клиенте Teamcenter. Полученные структуры моделей загружаются в средствах пре- и постпроцессинга как КЭ-сборки

Полная прослеживаемость и экономия времени

Создаваемые в Simcenter 3D данные передаются в систему Teamcenter, которая управляет процессами численного моделирования. Готовая модель CAE-данных применяется для хранения идеализированных деталей, конечноэлементных моделей, файлов численного моделирования, входных наборов данных, результатов расчета и отчетов, а также управления всей этой информацией. Все данные из Simcenter 3D хранятся в базе данных со взаимосвязями, что обеспечивает полную прослеживаемость — от конструкции изделия до результатов расчетов. Мощные средства поиска по атрибутам и взаимосвязям помогают инженерам-расчетчикам быстро находить нужные данные. Это позволяет избежать повторного выполнения задач и потерю времени на организацию и поиск информации.

Автоматизация управления структурами данных

Создаваемыми в Simcenter 3D КЭ-сборками можно управлять в Teamcenter. Так достигается полная прослеживаемость на уровне компонента, под сборки или сборки. Инструменты автоматизации автоматически создают подобные сборки на основе CAD-сборок. Предусмотрена автоматическая фильтрация деталей и повторное использование уже имеющихся КЭ-моделей, что существенно ускоряет создание моделей.

Эффективное управление большими объемами данных

Выборочная загрузка файлов расчетов

Набор CAE-данных, помимо собственно файла с расчетной моделью, может содержать несколько файлов с результатами расчетов и другие файлы, создаваемые решателем. Такие файлы обычно имеют большие размеры. Для сокращения времени загрузки желательно избежать их повторного скачивания при каждом открытии файла с расчетной моделью в Teamcenter.

Полная уверенность в правильности расчетов и точное соблюдение сроков

Simcenter 3D умеет представлять результаты расчетов в облегченном формате JT™. Это дает расчетчикам и другим специалистам возможность визуализировать данные об изделии в Teamcenter, не запуская Simcenter 3D. Таким образом создается среда, из которой результаты CAE-расчетов и соответствующие отчеты передаются в другие отделы предприятия. Высокая эффективность и четкая и прослеживаемость процессов дают полную уверенность в правильности результатов и точном соблюдении установленных сроков.



Варианты применения в различных отраслях

Эффективное управление процессами и данными численного моделирования в различных отраслях, а также обмен информацией со всеми принимающими решение лицами помогают глубоко изучать характеристики будущего изделия и быстро создавать качественные изделия.

Автомобилестроение и транспорт

Производителям и поставщикам необходимо работать с результатами численного моделирования в условиях постоянно растущего числа вариантов изделий, когда каждый из них проектируют, анализируют и изготавливают специалисты, работающие в разных точках мира. Пример: управление результатами численного моделирования помогает разработчикам использовать CAE-модель кузова автомобиля, автоматизируя расчеты и создание отчетов. Кроме того, данные о важнейших процессах и методиках разработки изделия эффективно передаются в другие подразделения компании. Среди других преимуществ — повторное использование моделей, прослеживаемость информации и повышение качества изделий благодаря стандартизации.

Аэрокосмическая и оборонная промышленность

В аэрокосмической отрасли проекты часто выполняются командами, рассредоточенными по разным точкам мира, это требует эффективной организации совместной работы этих команд, производителей и поставщиков. Пример: при разработке планера требуется управлять процессом интеграции множества моделей, создаваемых группами специалистов из разных точек мира. Кроме того, данные об изделии нужно надежно и безопасно хранить на протяжении длительного времени. Сохранение результатов верификации технических характеристик и предоставление доступа к этим данным позволяет создать среду для совместной работы с поставщиками и партнерами по

всему миру. Доступ к актуальной и точной информации упрощает рабочие процессы, минимизирует внесение изменений на поздних этапах и облегчает внедрение оптимальных методик проектирования. Все это повышает эффективность выполнения программ.

Судостроение

В судостроительной отрасли конструкции тоже сложны, поэтому управление процессами численного моделирования принесет массу преимуществ, среди которых — быстрое и надежное внесение изменений и обновление.

Промышленное оборудование и тяжелое машиностроение

Изготовители сельскохозяйственного, горнодобывающего и другого тяжелого оборудования, а также вращающихся механизмов во многом сталкиваются с теми же проблемами, что и предприятия автомобильной и авиационно-космической отраслей. Поэтому во всех этих отраслях управление данными и результатами численного моделирования становится критически важным. Прогнозирование характеристик изделий с использованием современных методик междисциплинарного численного моделирования и управление требованиями гарантируют учет всех конструкторско-технологических аспектов уже на ранних этапах разработки. Для этого требуется открытая среда управления жизненным циклом изделия, способная работать с CAE-данными из самых различных систем.

Потребительские товары

Производители спортивных и детских товаров хотят выпускать изделия с уникальным дизайном, используя новые производственные процессы и материалы. Доступ к актуальной информации на всех этапах от проектирования до производства крайне важен для создания качественных изделий в заданные сроки и с первой попытки.



Управление данными численного моделирования

Встроенный клиент

Встроенный клиент позволяет создать глобальную интегрированную и синхронизированную среду управления всей информацией об изделии и данными численного моделирования, что упрощает внедрение оптимальных приемов работы на всех этапах — от описания требований к изделию до его изготовления.



Преимущества модуля

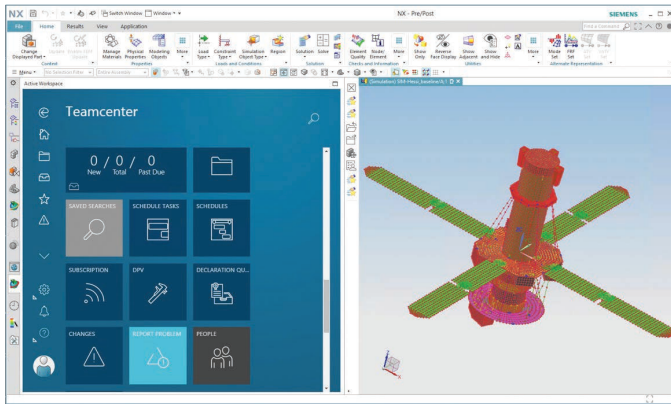
- Поддержка и ускорение совместной работы любого количества специалистов на этапах проектирования и численного моделирования
- Надежное и безопасное управление информацией об изделии и данными численного моделирования
- Быстрый поиск конструкций и результатов расчетов, работа с различными версиями файлов, управление конфигурациями изделий с возможностью внесения изменений, совместная работа в географически распределенных командах.
- Быстрый доступ к информации об изделии и результатам численного моделирования из любой точки мира
- Эффективное управление самым важным ресурсом предприятия — данными об изделии и результатах численного моделирования

Основные характеристики

- Работа с цифровыми макетами сборок, поддержка различных CAD-систем
- Навигатор Teamcenter:
 - быстрая и интуитивно понятная навигация по хранящейся в Teamcenter информации с функцией поиска помогает быстро загружать нужные данные в NX/Simcenter 3D
 - Работа с данными для CAM- и CAE-систем, прокладка электропроводки и разработка мехатронных систем
- Встроенный клиент Active Workspace
 - Широкий доступ к информации в PLM-системе: характеристики конструкции, конструкторские составы изделия, сведения об использовании, документы MS Office, классификации, изображения, требования к изделию
 - Перекрестная проверка деталей в окне NX и графиках
 - Доступ к папке «Задания» и передача информации исполнителям

Решение Simulation Author

Это полнофункциональное решение для управления данными, процессами и системами для численного моделирования (Simcenter 3D и другими) в контексте данных об изделии. По сравнению со встроенным клиентом здесь предусмотрены дополнительные функции по управлению данными, создаваемыми в Simcenter 3D (см. сравнительную таблицу функциональных возможностей).



Преимущества модуля

- Устранение непроизводительных затрат времени на организацию и управление данными численного моделирования
- Полная прослеживаемость данных численного моделирования
- Предотвращение повторного выполнения задач благодаря повторному использованию уже имеющейся информации
- Более эффективный процесс создания моделей с помощью автоматизации и повторного использования данных
- Создание среды для совместной работы, в которой численное моделирование выполняется командами из разных точек мира
- Повышение уверенности в правильности результатов расчетов

Основные характеристики

- Управление жизненным циклом и данными численного моделирования
- Управление структурой численного моделирования и автоматизация
- Управление данными и процессами численного моделирования
- Визуализация результатов расчетов и подготовка отчетов

Таблица функциональных возможностей

Общие функции	Дополнительные функции	Встроенный клиент	Решение Simulation Author
Управление жизненным циклом и данными численного моделирования	Выполнение различных операций с CAE-данными в ходе жизненного цикла (создание, редактирование, обновление, удаление и пр.) в графическом интерфейсе системы Simcenter 3D	•	•
	Выполнение различных операций с CAE-данными в ходе жизненного цикла (создание, редактирование, обновление, удаление и пр.) в графическом интерфейсе системы Teamcenter		•
	Приложение CAE Manager выполняет навигацию по CAE-данным		•
	Работа с таблицами основных показателей (KPI)		•
	Teamcenter выявляет неактуальные модели и результаты расчетов		•
	Сценарии создания различных CAE-объектов в CAE-системах		•
	Контроль состояния моделей и результатов расчета (атрибуты, файлы и их варианты) при помощи информационных панелей численного моделирования		•
Управление структурой численного моделирования и автоматизация	Ручное создание сборок КЭ-моделей в графическом интерфейсе Simcenter 3D с последующим сохранением в базе данных	•	•
	Ручное создание сборок КЭ-моделей в графическом интерфейсе Teamcenter		•
	Сравнение сборок КЭ-моделей с созданной в CAD-системе структурой изделия для обновления и внесения изменений (инспектор)		•
	Сравнение сборок КЭ-моделей (сравнение CAE-составов изделия)		•
	Автоматическое создание сборок КЭ-моделей на основе структуры изделия из CAD-системы с повторным использованием существующих моделей (на основе карт структуры)		•
	Автоматическое создание моделей при помощи рабочих процессов Teamcenter		•
Управление данными и процессами численного моделирования	Построение сеток и запуск решателя на локальном компьютере из графического интерфейса системы Simcenter 3D	•	•
	Пакетное построение конечноэлементных сеток из Teamcenter с запуском Simcenter 3D на локальном компьютере, сервере или на удаленной машине		•
	Запуск решателя из Teamcenter на локальном компьютере, сервере или на удаленной машине		•
	Контроль хода выполнения заданий (пакетные построения сетки или расчеты в решателе)		•
Визуализация результатов расчетов и подготовка отчетов	Работа с приложением «Менеджер CAE» для визуализации CAE-данных в формате JT		•
	Создание CAE-файлов формата JT из графического интерфейса системы Simcenter 3D	•	•
	Пакетное создание CAE-файлов формата JT из файлов результатов расчетов в собственном формате CAE-системы непосредственно из Teamcenter с использованием модуля NX Open		•

Обозначения:

• = выполняется самим модулем

+ = требуется установка дополнительного продукта

Приложение

Simcenter 3D Engineering Desktop 6			SC30533	Модуль Simcenter 3D Specialist Durability for Connections	57	Использование различных программных продуктов:				
SC12500	Simcenter 3D Engineering Desktop	10	Расчеты электромагнитных явлений в Simcenter 3D 136			Комбинированные мультифизические расчеты при решении прочностных и тепловых задач		107		
SC12500	Среда Simcenter 3D для Simcenter Nastran	11								
SC30536	Среда Simcenter 3D для Simcenter Samcef	12			SC30710	Модуль Simcenter 3D Low Frequency EM	141	Использование различных программных продуктов:		
SC30551	Среда Simcenter 3D для Abaqus	13			SC30711	Решатель Simcenter MAGNET	142	Комбинированные мультифизические расчеты гидрогазодинамических и тепловых задач		108
SC30550	Среда Simcenter 3D Environment для ANSYS	14			SC30712	Решатель Simcenter MAGNET Thermal	143			
SC30523	Среда Simcenter 3D для LS-Dyna	15	SC30720	Модуль Simcenter 3D High Frequency EM	144	Использование различных программных продуктов:				
SC30549	Среда Simcenter 3D для MSC Nastran	16	SC30721	Решатель Simcenter High Frequency EM	145	Комбинированные мультифизические расчеты динамических и акустических задач		109		
Численное моделирование акустических явлений в Simcenter 3D 60			Численное моделирование гидрогазодинамических явлений в Simcenter 3D 126			SC30595	Модуль Simcenter 3D Aero-Vibro-Acoustics	110		
SC30620	Построение конечноэлементных сеток в Simcenter 3D при решении акустических задач	65	SC30560	Модуль Simcenter 3D Advanced Fluid Modeling	130	SC30712	Модуль Simcenter 3D Electromagnetics/ Thermal	111		
NXN015	Модуль Simcenter Nastran Advanced Acoustics	66	SC30508	Модуль Simcenter 3D Flow	131	Оптимизация конструкций в Simcenter 3D.... 148				
SC30593	Модуль Simcenter 3D Acoustic Transfer Vector	67	SC30516	Модуль Simcenter 3D Advanced Flow	132	NXN007	Модуль Simcenter Nastran Optimization	152		
SC30595	Модуль Simcenter 3D Aero-Vibro-Acoustics	68	SC30537	Модуль Simcenter 3D Flow HPC	133	NXN016	Модуль Simcenter Nastran Topology Optimization	153		
SC30570	Среда Simcenter 3D для расчета акустических явлений методом граничных элементов	69	Расчеты кинематики в Simcenter 3D 76			SC30610	Модуль Simcenter 3D Design Space Exploration	154		
SC30580	Решатель акустических задач методом граничных элементов в модуле Simcenter 3D Acoustics	70	SC30571	Модуль Simcenter 3D Motion Modeling	81	SC12500	Модуль Simcenter 3D Geometry Optimization	155		
SC30592	Высокоэффективный решатель акустических задач методом граничных элементов в модуле Simcenter 3D Acoustics	71	SC30572	Решатель Simcenter 3D Motion	82	Прочностные расчеты в Simcenter 3D 20				
SC30598	Решатель акустических задач во временной области методом граничных элементов в модуле Simcenter 3D Acoustics	72	SC30581	Модуль Simcenter 3D Motion Systems and Controls	83	SC13500	Модуль Simcenter 3D Structures	24		
SC30594	Модуль Simcenter 3D Acoustics HPC	73	SC30582	Модуль Simcenter 3D Motion Flexible Body	84	NXN001	Simcenter Nastran	25		
Численное моделирование процессов аддитивного производства в Simcenter 3D.... 158			SC30583	Модуль Simcenter 3D Motion Flexible Body Advanced	85	NXN030	Модуль Simcenter Nastran Multistep Nonlinear	26		
SC40100	Модуль Simcenter 3D Additive Manufacturing	162	SC30585	Модуль Simcenter 3D Motion Standard Tire	86	NXN010	Модуль Simcenter Nastran DMP	27		
NX30188	Модуль Omnimesh для Simcenter 3D	163	SC30586	Модуль Simcenter 3D Motion CD Tire	87	Динамические расчеты в Simcenter 3D 30				
Расчеты авиационных конструкций в Simcenter 3D 166			SC30587	Модуль Simcenter 3D Motion MF-Tyre	88	SC30521	Модуль Simcenter 3D Response Dynamics	34		
SC30601	Среда Simcenter 3D Aerostructure	170	SC30588	Модуль Simcenter 3D Motion MF-Swift Tyre	89	SC30596	Модуль Simcenter 3D Noise and Vibration Modeling	35		
SC30602	Модуль Simcenter 3D Margin of Safety	171	SC30590	Модуль Simcenter 3D Motion Drivetrain	90	SC30501	Модуль Simcenter 3D Load Identification	36		
Расчеты композиционных материалов в Simcenter 3D 174			SC30579	Модуль Simcenter 3D Motion TWR	91	SC30500	Модуль Simcenter 3D NVH Composer	37		
SC30522	Модуль Simcenter 3D Laminate Composites	179	SC30576	Решатель Simcenter 3D Motion Real-Time	92	SC30527	Модуль Simcenter 3D FE Model Correlation	38		
SCMEC0180	Модуль Simcenter Samcef	180	SC40510	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Standard Beam	93	SC30528	Модуль Simcenter 3D FE Model Updating	39		
Расчеты долговечности конструкций в Simcenter 3D 48			SC40570	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Standard Shell	94	NXN004	Модуль Simcenter Nastran Dynamic Response	40		
SC30530	Мастер Simcenter 3D Durability	52	SC40520	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Linear Dynamic	95	NXN002	Пакет Simcenter Nastran Advanced Dynamics	41		
SC30531	Модуль Simcenter 3D Advanced Durability	53	SC40530	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Nonlinear Dynamic	96	NXN010	Модуль Simcenter Nastran DMP	42		
SC30532	Модуль Simcenter 3D Specialist Durability Modeling	54	SC40540	Модуль Simcenter 3D Flexible Pipe Optimization	97	NXN014	Модуль Simcenter Nastran Rotor Dynamics	43		
SC30540	Решатель модуля Simcenter 3D Specialist Durability	55	SC40590	Модули Simcenter 3D Flexible Electric Cables и Wire Harness	98	SCSRO0170	Модуль Simcenter Samcef Rotor	44		
SC30541	Модуль Simcenter 3D Specialist Durability Composite Fatigue	56	Решение мультифизических задач в Simcenter 3D 102			Тепловые расчеты в Simcenter 3D 114				
			Использование различных программных продуктов:			SC30507	Модуль Simcenter 3D Thermal	119		
			Повышение эффективности и надежности мультифизических расчетов		106	SC30515	Модуль Simcenter 3D Advanced Thermal	120		
						SC30517	Модуль Simcenter 3D Space Systems Thermal	121		
						SC30519	Модуль Simcenter 3D Electronic Systems Cooling	122		
						SC30537	Модуль Simcenter 3D Thermal HPC	123		
						Работа с Simcenter 3D в управляемой среде 184				
						TC30600	Встроенный клиент	188		
						TC31301	Решение Simulation Author	189		

О компании Siemens Digital Industries Software

Siemens Digital Industries Software помогает создать цифровое предприятие и шагнуть в будущее разработки, производства и проектирования электронных систем. Наши решения помогают компаниям самого разного размера создавать цифровые двойники, которые открывают новые возможности, позволяют получать ценные знания, переходить на новые уровни автоматизации и успешно внедрять инновации. Дополнительная информация по продуктам и услугам компании Siemens Digital Industries Software представлена на сайте siemens.com/software, а также в социальных сетях [LinkedIn](#), [Twitter](#), [Facebook](#) и [Instagram](#). Siemens Digital Industries Software – Where today meets tomorrow!

Штаб-квартира:	+1 972 987 3000
Северная и Южная Америка:	+1 314 264 8499
Европа:	+44 (0) 1276 413200
Азиатско-Тихоокеанский регион:	+852 2230 3333

© 2020 Siemens. Список товарных знаков Siemens представлен [по ссылке](#).
Все прочие товарные знаки являются собственностью их владельцев.
81150-82191-C7-RU 7/20 LOC