

# Система NX от компании Siemens Digital Industries Software — продвинутая технология генеративного дизайна

Новый взгляд на проектирование изделий



Изображения предоставлены Siemens

**CIMdata**<sup>®</sup> |

Global Leaders in PLM Consulting  
[www.CIMdata.com](http://www.CIMdata.com)

# Выводы

Выводы

Введение

Генеративный дизайн

Топологическая  
оптимизация  
Рабочий процесс и область  
поиска оптимального  
решения  
Конвергентное  
моделирование

Адаптация проекта

Проверка

Подготовка к печати

3D-печать

Заключение

Что вам нужно знать

## Вывод № 1

В технологии генеративного дизайна используются алгоритмические методы преобразования требований в геометрию и конструкцию.

## Вывод № 2

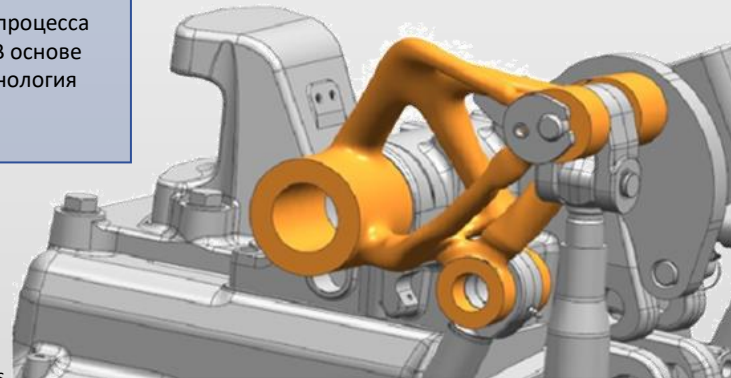
Генеративный дизайн — это набор инструментов и техник, позволяющих создавать оптимальную конструкцию исходя из требований и ограничений, а не создавать сначала геометрию и проверять ее позже. Это дает инженерам и проектировщикам возможность изучить дополнительные варианты конструкции за меньшее время и найти самый лучший из них. В NX предлагается интегрированный набор инструментов для топологической оптимизации, моделирования фасетов/сетки, автоматизированного проектирования на основе правил и создания свободных форм. Это позволяет проектировщикам и разработчикам использовать генеративный дизайн для создания полностью соответствующих требованиям конструкций.

## Вывод № 3

Генеративный дизайн требует использования комплексного рабочего процесса от первоначального варианта конструкции и вплоть до производства. В основе такого рабочего процесса (от моделирования до 3D-печати) лежит технология конвергентного моделирования от Siemens Digital Industries Software.

## Вывод № 4

Сегодня внедрение генеративного дизайна является первым шагом на пути к автоматическому созданию геометрии модели, которая полностью соответствует проектным требованиям.



Изображения предоставлены Siemens



## Инновации в основе совершенно новых изделий

### Новые методы проектирования

Последние достижения в технологиях проектирования позволяют разрабатывать инновационные изделия, в корне меняя их форму и структуру. Совокупность этих новых технологий и называется генеративным дизайном.

### Генеративный дизайн

Генеративный дизайн кардинально изменяет традиционную парадигму проектирования. Тогда как традиционные методы опираются на итеративный цикл «моделирования с последующим анализом», при использовании генеративного дизайна проектировщик вначале определяет область поиска оптимального решения (граничный объем) и цели проектирования (например минимальный вес). Геометрические ограничения определяются вместе с дополнительными значениями негеометрических параметров, например, по материалам и расходам. После этого в программном обеспечении запускается циклический поиск самого лучшего решения на основе всех заданных ограничений.

### Итеративный цикл

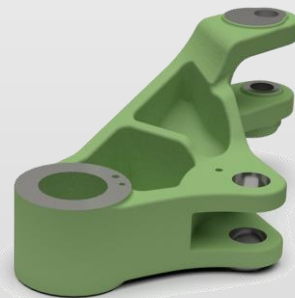
На каждом этапе цикла алгоритмы оптимизации запоминают предыдущие результаты, чтобы проанализировать, насколько результат приближен к конечным

целям, а затем вносят необходимые изменения в модель для следующей итерации, и так до тех пор, пока не будут достигнуты заданные цели.

### Примеры генеративного дизайна

К методам генеративного дизайна относится топологическая оптимизация, оптимизация формы, производства и основанные на правилах параметрические технологии CAD.

Полученные оптимальные конструкции иногда называют «органическими» из-за того, что они повторяют решения, созданные природой. При этом их нельзя получить с помощью традиционных методов проектирования или изготовить обычными методами субтрактивной обработки.



Изображения предоставлены Siemens

Компании, которые создают подобные конструкции, потенциально могут вытеснить те компании, которые этим не занимаются.

Генеративные технологии предоставляют проектировщикам возможность рассмотреть намного больше вариантов конструкции, чем при использовании традиционных методов. При этом современным CAD-системам может быть сложно работать с геометрией, полученной в результате генеративного дизайна, включающего топологическую оптимизацию, так как она представляет собой фасетную модель. Во многих системах CAD нельзя изменять фасетную геометрию.

Выводы

Введение

Генеративный дизайн

Топологическая оптимизация  
Рабочий процесс и область поиска оптимального решения  
Конвергентное моделирование

Адаптация проекта

Проверка

Подготовка к печати

3D-печать

Заключение



## Проектирование на основе численного моделирования

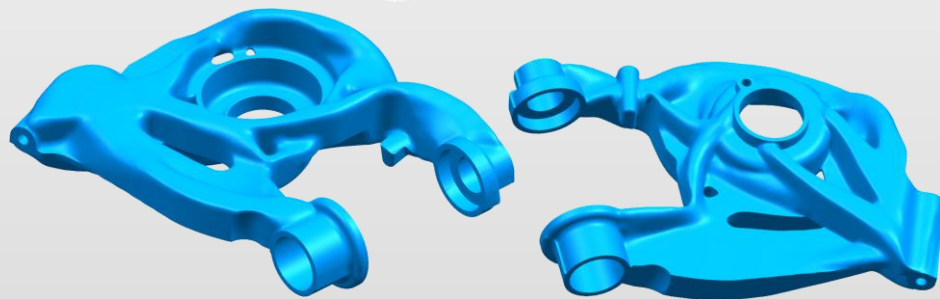
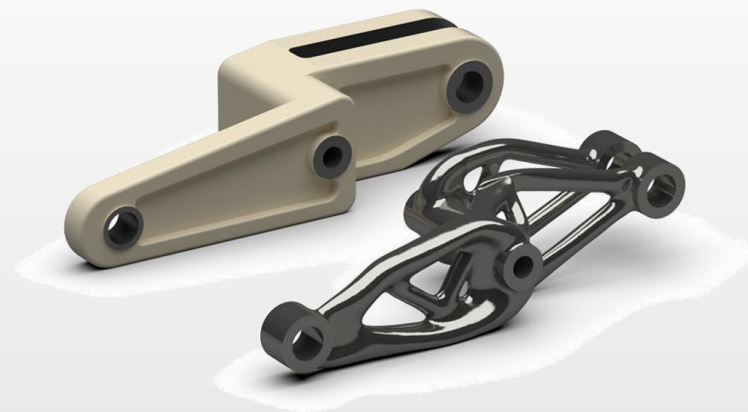
### Определение генеративного дизайна

Вкратце описать понятие генеративного дизайна не так просто, поскольку каждый поставщик программных решений настаивает на собственном определении. Для компании CIMdata генеративный дизайн — это процесс или набор инструментов, при работе с которыми форма и состав изделия определяются с помощью численного моделирования, основанного на физических свойствах, и других методов анализа, которые учитывают требования к характеристикам и способствуют достижению целей, например, минимальной стоимости и веса.

### Отличия от традиционных проектных решений

Отличие генеративного дизайна от традиционных методов состоит в том, что его алгоритмы позволяют оценить и изменить модель изделия для последующей итерации. Сразу после запуска процесса оптимизации участие человека не требуется.

Генеративный дизайн изначально был создан для проектирования механических систем, но его можно применять и для электрических или электронных.



Изображения предоставлены Siemens

Выводы

Введение

Генеративный дизайн

Топологическая  
оптимизация  
Рабочий процесс и область  
поиска оптимального  
решения  
Конвергентное  
моделирование

Адаптация проекта

Проверка

Подготовка к печати

3D-печать

Заключение



Выводы

Введение

Генеративный дизайн

Топологическая оптимизация

Рабочий процесс и область поиска оптимального решения  
Конвергентное моделирование

Адаптация проекта

Проверка

Подготовка к печати

3D-печать

Заключение

## Повышенная легкость и прочность

### Определение топологической оптимизации

Топологическая оптимизация — самый известный процесс генеративного дизайна. Структура материала оптимизируется в заданных проектных пространствах на основе определенного набора функциональных требований, включая нагрузки, предельные условия и ограничения.

Основная цель оптимизации — обеспечить структурную прочность модели и сократить ее массу посредством снижения веса и количества используемых материалов.

### Преимущества генерации

Методы генеративного дизайна ускоряют принятие решений. После запуска процессы генеративного дизайна выполняются без вмешательства человека. При равных условиях генеративный дизайн позволяет проводить больше экспериментов и работать быстрее, чем при использовании традиционных методов проектирования. Программное обеспечение HEEDS компании Siemens PLM Software упрощает эксперименты с разными входящими параметрами.

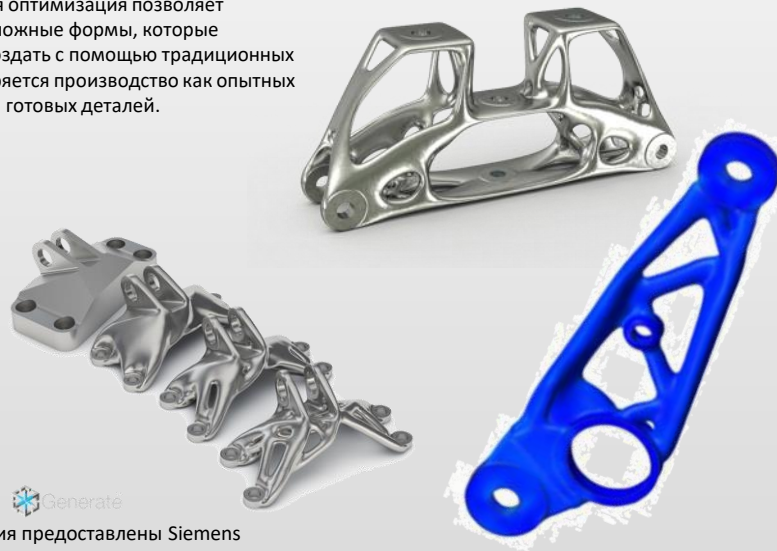
Топологическая оптимизация сокращает количество используемого материала. Для

производства на основе таких моделей требуется минимальное количество материала, обеспечивающее соответствие требованиям к изделию, что приводит к сокращению отходов и стоимости.

### Воздействие на производство

В сочетании с аддитивными технологиями топологическая оптимизация позволяет производить сложные формы, которые невозможно создать с помощью традиционных методов. Ускоряется производство как опытных образцов, так и готовых деталей.

Сочетание топологической оптимизации и аддитивных технологий снижает расходы, поскольку на производство изделий уходит меньше материала и нет необходимости использовать дорогостоящее оборудование и инструменты.



 Generate

Изображения предоставлены Siemens

# Рабочий процесс и область поиска оптимального решения

Выводы

Введение

Генеративный дизайн

Топологическая оптимизация

Рабочий процесс и область поиска оптимального решения

Конвергентное моделирование

Адаптация проекта

Проверка

Подготовка к печати

3D-печать

Заключение

## Определение границ проблемы

### Рабочий процесс

Рабочий процесс начинается с выбора детали для оптимизации. Проектировщик задает параметры нагрузок, ограничений и конечные цели и запускает процесс генеративного дизайна. В ходе топологической оптимизации проектировщик окончательно определяет модель детали: при необходимости предварительно редактирует точную геометрию, добавляет легкие решетчатые

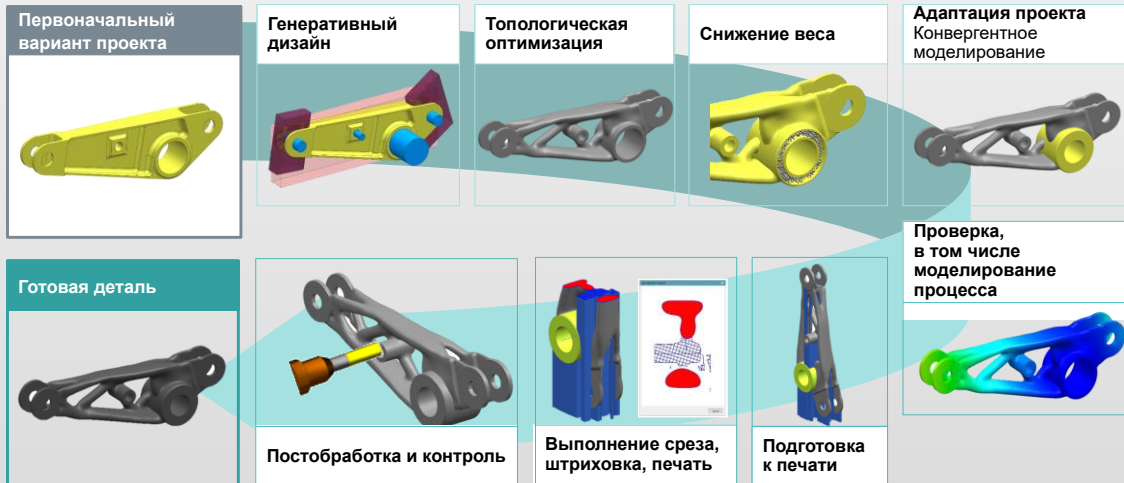
структуры, выполняет проверку окончательного анализа, задает опорные элементы для 3D-печати и выполняет 3D-печать.

### Проектное пространство

Рабочий процесс начинается с важного этапа — заполнения алгоритма топологической оптимизации посредством ограничения проектного пространства компонента или сборки. Проектировщик указывает объем пространства, ограничивающего финальную

оптимизированную геометрию. Проектировщик также добавляет конкретные предупреждающие области, нагрузки и другие соответствующие данные, например, тип материала.

## Процесс проектирования и производства с использованием топологической оптимизации



Изображения предоставлены Siemens



Выводы

Введение

Генеративный дизайн

Топологическая оптимизация

Рабочий процесс и область поиска оптимального решения

Конвергентное моделирование

Адаптация проекта

Проверка

Подготовка к печати

3D-печать

Заключение

## Фасетная и точная геометрия

### Геометрия в CAD-системах

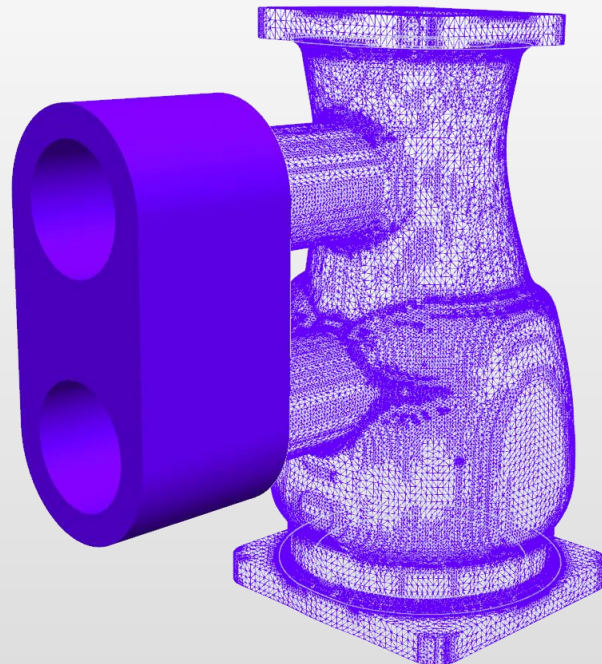
Стандартные решения CAD основаны на принципах точной геометрии. Долгое время разработка изделий на всех вертикальных рынках опиралась на определение формы и учет жестких допусков в контроле качества. Большая часть решений CAD на рынке не в состоянии обрабатывать данные фасетной геометрии, то есть выходные данные алгоритмов топологической оптимизации, что усложняет работу проектировщиков.

### Конвергентное моделирование

Компания Siemens предлагает методы генеративного проектирования с использованием расширения в собственном ядре геометрического моделирования Parasolid, которое лежит в основе ведущего решения NX CAD. Parasolid подразумевает работу с точной геометрией с использованием неоднородных рациональных B-сплайнов (NURBS), точных аналитических функций и сетчатой/плоскостной фасетной геометрии. В компании Siemens такой подход называется Convergent Modeling™ (конвергентное моделирование). Алгоритмы генеративного дизайна создают сетчатую геометрию, которую можно изменять в приложении NX, что позволяет проектировщикам выполнять топологическую оптимизацию без помощи аналитика.

Siemens своевременно обновляет все многочисленные функции проектирования для работы над фасетной геометрией.

## Сочетание фасетной и точной геометрии



Изображения предоставлены Siemens

Выводы

Введение

Генеративный дизайн

Топологическая оптимизация  
Рабочий процесс и область поиска оптимального решения  
Конвергентное моделирование

Адаптация проекта

Проверка

Подготовка к печати

3D-печать

Заключение

## Редактирование и снижение веса модели

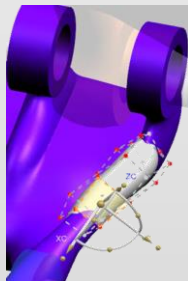
### Редактирование модели

Конвергентное моделирование полезно тем, что в системе NX фасетная геометрия соответствует точной геометрии, что позволяет проектировщикам использовать привычные возможности редактирования. Они могут легко добавлять галтели, высверливать отверстия и выполнять другие действия редактирования, чтобы окончательно сформировать модель изделия.

### Проектное решение аддитивной технологии (DfAM)

Снижение массы изделия включает все процессы по уменьшению веса. Один из таких методов подразумевает использование пространственных решеток, задаваемых фасетной геометрией.

Этот метод стал популярным благодаря повсеместному применению 3D-печати. Изготовление изделий с использованием улучшенных решетчатых структур практически невозможно с помощью традиционных методов производства. Трехмерная печать позволяет добавлять пространственные решетки. Они представляют собой сложные геометрические структуры, которые используются для уменьшения веса и количества используемых материалов, а также позволяют повысить прочность компонентов.



Изображения предоставлены Siemens

Сначала нужно выделить область, в которой будет создана решетка, а затем указать ее внешний вид и плотность. Можно выбрать один из нескольких разных типов ячейки, указать длину ребра ячейки и диаметр штока, а также место и положение решетки. Пространственные решетки изготавливаются с использованием аддитивных технологий и обеспечивают структурную однородность в проектировании изделий, при этом позволяют сократить объем используемого материала, а значит, и вес готового изделия.

Проверка моделей с помощью 3D-печати — ключевой этап процесса — исключает необходимость затратного повторного проектирования деталей с использованием аддитивных технологий. Интегрированные возможности системы NX помогают проектировщикам понять, стоит ли выполнять печать модели, еще до того, как выпускать ее в производство, что экономит время и повышает эффективность. Например, можно определить, подходит ли размер детали для 3D-печати, какие грани нужно доработать, проверить толщину стенок и найти пустоты.

- Body Centered Cubic (BCC)
- Face Centered Cubic (FCC)
- Edge of Face Centered Cubic (EDGE)



- Octahedral (OCTA)
- FCC + OCTA (OCTET)
- BCC + EDGE (BCCUB)



- FCC + EDGE (FCCUB)
- BCC + FCC (BC-FC)
- BCC + FCC + EDGE (BFECB)





## Моделирование результата

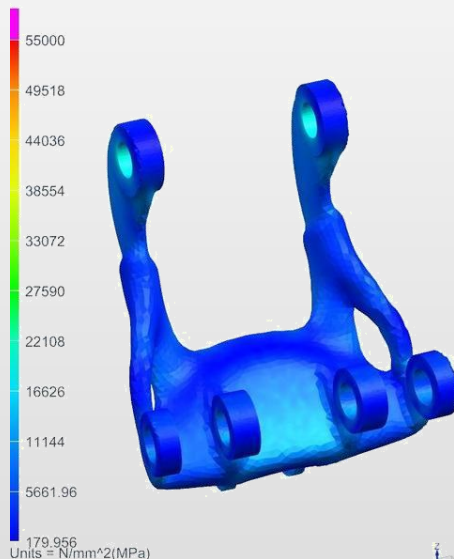
### Расширение традиционного процесса проектирования

Получив топологически оптимизированную модель и при необходимости отредактировав ее, проектировщик выполняет окончательный анализ детали, и оценивает, насколько она соответствует предварительно заданным требованиям.

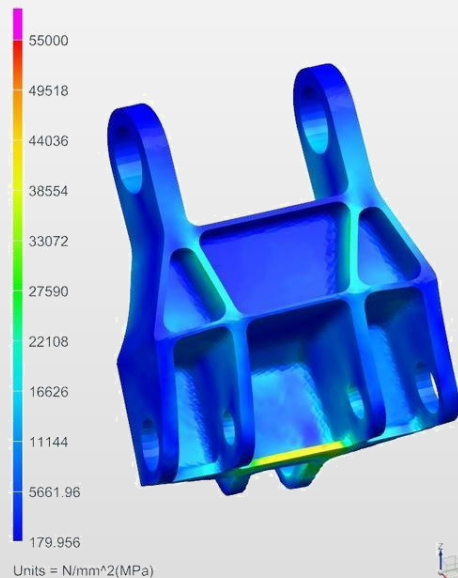
Чтобы убедиться, что цель топологической оптимизации достигнута, например, модель обладает структурной прочностью и небольшим весом, необходимо проанализировать и зафиксировать окончательные результаты.

Заключительный этап моделирования особенно важен. Если проектировщик изменил геометрию в топологически оптимизированной модели и необходимо более тщательно проверить ее физические свойства жесткости и прочности. Как отмечают специалисты Siemens, это можно выполнить с помощью одного набора входных данных.

topoptonly\_fem1\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Stress - Elemental, Averaged, Von-Mises  
Min : 179.956, Max : 94362.2, Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Imported Result : original\_scaled\_fem1\_sim1\_solution\_1  
SUBCASE - STATIC LOADS 1  
Stress - Elemental, Averaged, Von-Mises  
Min : 36.6803, Max : 50029, Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Изображения предоставлены Siemens

Выводы

Введение

Генеративный дизайн

Топологическая оптимизация

Рабочий процесс и область поиска оптимального решения

Конвергентное моделирование

Адаптация проекта

Проверка

Подготовка к печати

3D-печать

Заключение



Выводы

Введение

Генеративный дизайн

Топологическая оптимизация

Рабочий процесс и область поиска оптимального решения

Конвергентное моделирование

Адаптация проекта

Проверка

Подготовка к печати

3D-печать

Заключение

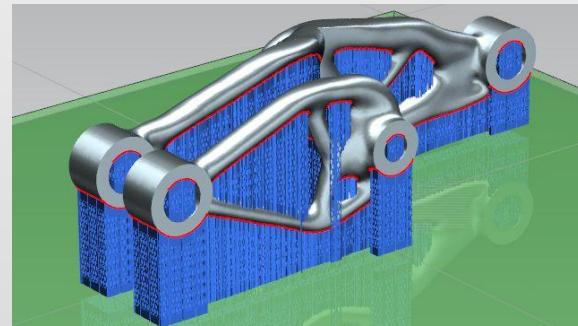
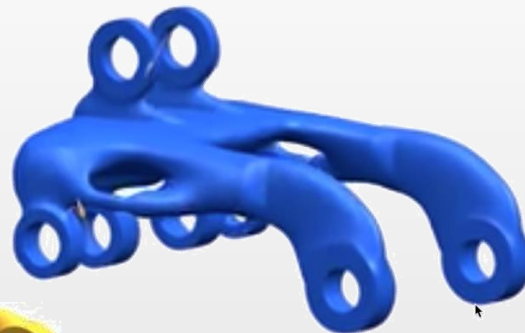
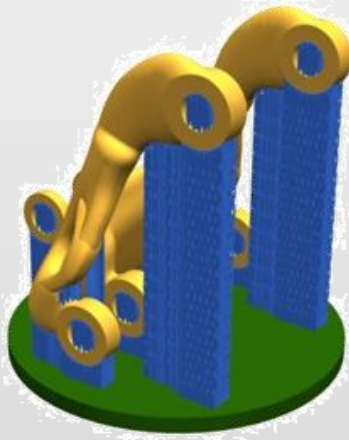
## Ускорение технологической установки

### Печать с использованием разных аппаратных средств

Детали печатаются послойно, поэтому для каждого нового слоя требуется дополнительный слой для продолжения печати. В зависимости от технологии 3D-печати и общей сложности модели могут потребоваться опорные элементы. Размещение опорных элементов и выбор материала для них могут серьезно повлиять на качество 3D-печати.

В приложение NX компании Siemens встроено программное обеспечение с функциями предварительной настройки перед печатью. После выбора 3D-принтера NX предложит поддерживаемые шаблоны с разным объемом печати и настройками управления печатью.

Инструменты NX позволяют определять параметры расположения детали в пространстве. Проектировщики могут создавать опорные элементы (на базе Materialise, компании-партнера Siemens) для сохранения однородности модели в процессе печати.



Изображения предоставлены Siemens

## Аддитивные технологии

### Поддержка аппаратных средств

Система NX поддерживает множество аппаратных платформ на базе аддитивных технологий. Компания Siemens расширяет партнерские отношения с ведущими производителями оборудования, обеспечивая поддержку разрабатываемых изделий. Исследовательская компания CIMdata высоко оценила сотрудничество Siemens с большим количеством производителей.

NX распознает стандарты данных 3MF (3D Manufacturing Format) и STL (STereoLithography), которые совместимы с разными типами 3D-принтеров.

Siemens поддерживает принтеры на базе технологии Powder Bed Fusion, а также оборудование Multi Jet Fusion компании HP.

Программное обеспечение NX работает с гибридным оборудованием для массового производства. Такие станки используют технологию DMD (прямое осаждение металла) для 3D-печати металлических деталей, что позволяет выполнять все обычные субтрактивные операции на одном устройстве. Гибридное оборудование оснащено несколькими осями, то есть использует трехмерные каналы осаждения вместо плоскостных.



Изображения предоставлены Siemens

Выводы

Введение

Генеративный дизайн

Топологическая оптимизация

Рабочий процесс и область поиска оптимального решения

Конвергентное моделирование

Адаптация проекта

Проверка

Подготовка к печати

3D-печать

Заключение



# Заключение

Выводы

Введение

Генеративный дизайн

Топологическая  
оптимизация  
Рабочий процесс и область  
поиска оптимального  
решения  
Конвергентное  
моделирование

Адаптация проекта

Проверка

Подготовка к печати

3D-печать

Заключение

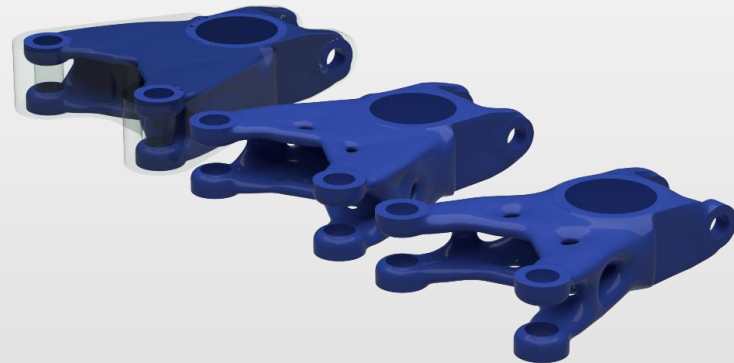
## Выводы CIMdata

### Партнерские отношения и развитие технологий дизайна

Новая технология генеративного дизайна, в особенности топологическая оптимизация, привлекает к себе все больше внимания со стороны сообществ, занимающихся разработкой изделий. Хотя основная часть разработок сосредоточена на изучении опытных образцов или изготовлении непрочных деталей, будущее, безусловно, за увеличением количества образцов в производственной среде. Однако через несколько лет вектор развития может измениться. CIMdata полагает, что благодаря системе NX компания Siemens Digital Industries Software заложила основу проектирования. Это программное обеспечение позволит использовать методы генеративного дизайна, даже если технологии будут развиваться в другом направлении.

Внедрение конвергентного моделирования в систему NX откроет для пользователей множество преимуществ.

В рабочем процессе генеративного дизайна еще задействован ручной труд, но компания Siemens Digital Industries Software уже работает над совершенствованием методов проектирования.



Изображения предоставлены Siemens

# SIEMENS

# CIMdata®

Global Leaders in PLM Consulting  
[www.CIMdata.com](http://www.CIMdata.com)

