

# ИНТЕГРАЦИЯ ОБРАТНОГО ИНЖИНИРИНГА В ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕДИНОЙ СРЕДЫ ПРИ  
МОДЕЛИРОВАНИИ ФАСЕТОВ, ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ И ПРЯМОМ МОДЕЛИРОВАНИИ



LIFECYCLE

INSIGHTS

## ПОМЕХИ В ПРОЦЕССЕ ОБРАТНОГО ИНЖИНИРИНГА

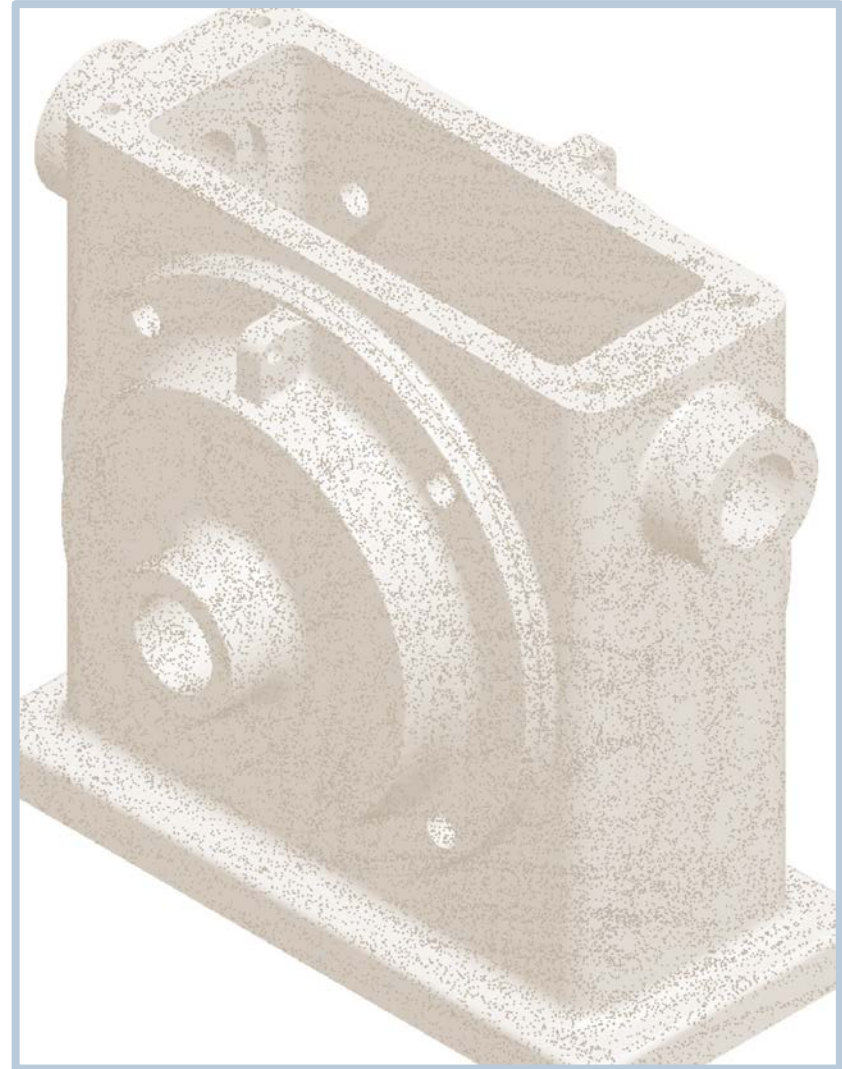
Обратный инжиниринг всегда занимал важное место в проектировании. Метод, при котором конструкторы деконструируют и анализируют существующий физический объект, чтобы понять, как он был спроектирован, всегда помогал воспроизводить изделия. Некоторые используют его для копирования изделий конкурентов. Другие применяют его для воссоздания компонентов, для которых не существует конструкторской документации. Еще кто-то использует его как средство выявления основной причины сбоя. Это дает инженерно-техническим организациям дополнительные возможности.

Несмотря на важную роль, которую обратный инжиниринг играет в проектировании, его интеграция в современные процессы цифровой разработки оставляет желать лучшего. Для выполнения работы конструкторам часто приходится обращаться к множеству сложных и неинтегрированных решений. Помехи в цифровом рабочем процессе делают обратный инжиниринг менее эффективным. Они снижают производительность конструкторов и ограничивают время, которое они могут посвятить проектированию и разработке.

Однако новые технологии обещают устранить проблемы, связанные с обратным инжинирингом. Появляются программные инструменты, которые обеспечивают правильное сочетание возможностей для выполнения всего рабочего процесса в единой среде. Это, в свою очередь, позволяет конструкторам вернуть прежнюю производительность.

Об этом и пойдет речь в данной брошюре. В ней подробно рассматривается обратный инжиниринг и обсуждается, как этот процесс вписывается в концептуальное проектирование, детальное проектирование, прототипирование и тестирование. В ней также рассматриваются традиционные и новые цифровые решения, поддерживающие обратный инжиниринг, с разьяснением их плюсов и минусов.

Обратный инжиниринг — важная часть проектирования. Пришло время внедрить соответствующие инструменты для его поддержки.



# ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ

Прежде чем обсуждать технологию, используемую для поддержки обратного инжиниринга, важно понять принципы его работы. В этом разделе описываются причины и методы его применения в разработке, разъясняются технические вопросы, которые необходимо учитывать, и рассматривается его применение на этапах концептуального проектирования, подробного проектирования, прототипирования и тестирования.

## СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОБРАТНОГО ИНЖИНИРИНГА

В процессе разработки существует множество ситуаций, в которых обратный инжиниринг может принести пользу, несмотря на сложности связанного с ним цифрового рабочего процесса. Общим во всех таких ситуациях является то, что у организации отсутствует конструкторская документация. Обычно это вызвано следующими причинами:

- Изделие или компонент были разработаны до внедрения надлежащих методов конфигурации и управления.
- Изделие или компонент были разработаны компанией, которая впоследствии была поглощена, и документация потерялась.
- Если изделие или компонент разрабатывались стартапом, документация и вовсе могла никогда не существовать.
- Изделие или компонент могут принадлежать компании-конкуренту, в том числе уже прекратившей работу.
- Конструкция с органической формой изначально разрабатывается физически, поэтому ее необходимо преобразовать в цифровое определение.

Причины, по которым инженерно-технической организации может потребоваться использовать обратный инжиниринг в процессе разработки, могут быть самыми разными, включая следующие:

- Изделие или компонент, работающие в течение длительного рабочего цикла, вышли из строя или подлежат замене. Организация должна воспроизвести существующее изделие или компонент для замены. Либо организации необходимо выяснить основную причину сбоя, чтобы избежать проблем в будущем.
- Организация стремится разработать следующее поколение существующего изделия или компонента. Требуется цифровое представление существующего элемента, чтобы использовать его в качестве отправной точки для новой конструкции.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Современный процесс обратного инжиниринга начинается с технического этапа — сканирования существующего изделия или компонента. В ходе этого процесса лазерный сканер делает сотни или тысячи трехмерных измерений объекта. Каждое измерение имеет координаты X, Y и Z. В совокупности это облако точек представляет собой внешнюю поверхность объекта. Однако на этом процесс не останавливается. Часто это только начало.

После сканирования объекта облако точек можно использовать для создания твердотельной модели, геометрия которой отличается от скругленной геометрии, создаваемой при параметрическом и прямом моделировании. Геометрия твердотельной модели генерируется путем создания плоских фасетов между любыми тремя точками в облаке. В результате получается геометрия сетки, которую нельзя изменять или редактировать с использованием возможностей параметрического или прямого моделирования. Изменить такую геометрию позволяет моделирование фасетов.

## ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ В КОНЦЕПТУАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

При концептуальном проектировании конструкторы анализируют некоторое количество идей, которые потенциально могут соответствовать требованиям по форме, подгонке и функционированию. Изначально они ищут конструкции, которые в целом соответствуют этим требованиям. Затем, в зависимости от функции, которую конструкция выполняет в более крупном изделии или системе, конструктор изучает альтернативные варианты или переходит к другой конструкции.

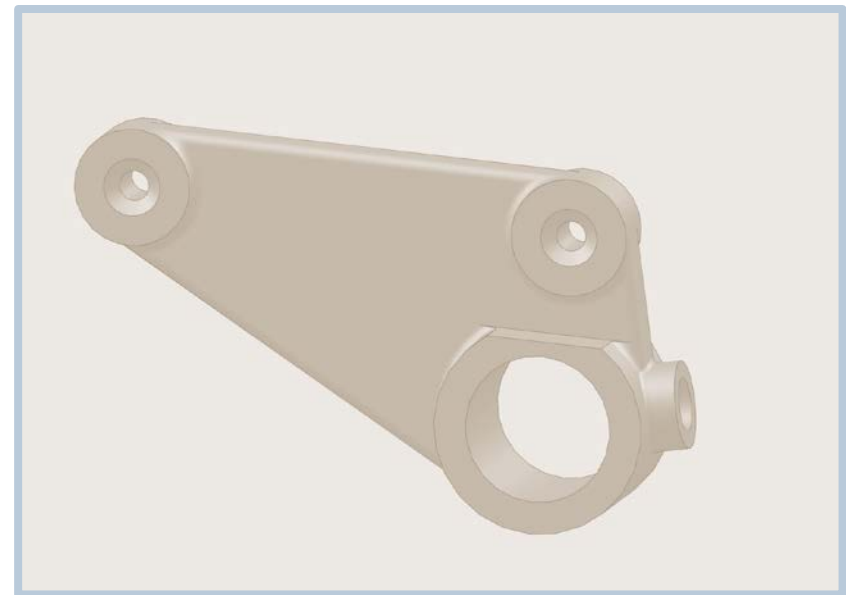
Цифровые геометрические представления этих вариантов конструкций могут быть разными. Некоторые используют технику проектирования «сверху вниз», чтобы сохранить место для конкретных компонентов. Другие создают 2D или 3D-эскизы, разработанные на основе кривых, линий, поверхностей и другой простой геометрии. Однако на этом этапе такие представления обычно еще не являются полноценной, детализированной 3D-моделью. 3D-модели создаются на этапе подробного проектирования.

Обратный инжиниринг может выполнять различные функции в концептуальном проектировании. Одна из них — зафиксировать размер и форму существующего изделия или компонента в контексте новой концепции. Эта возможность позволяет конструкторам выполнять проектирование на основе существующего объекта и оценивать, были ли удовлетворены их требования. В этом сценарии нет необходимости преобразовывать геометрию сетки сканируемого компонента в скругленную модель. Он может выполнять эту функцию в своем изначальном виде.

Еще одна функция обратного инжиниринга — использование отсканированного компонента в качестве отправной точки для создания новой концепции. Новая идея может унаследовать некоторые черты и характеристики существующего объекта, но значительно отличаться в других областях. В этом контексте геометрия сетки служит ориентиром для создания новой геометрии

с использованием традиционных методов, включая параметрическое и прямое моделирование.

Третий, но крайне важный, сценарий связан с непосредственным использованием геометрии сетки сканируемого компонента. Используя возможности моделирования фасетов, конструктор может напрямую изменять геометрию сетки. Сюда входит добавление или удаление материала. Это также может включать изменение геометрии сетки. Здесь важно иметь возможность комбинировать скругленную геометрию, созданную с помощью параметрического и прямого моделирования, с геометрией сетки, созданной и измененной с помощью моделирования фасетов. В этом сценарии преобразование геометрии сетки в скругленную геометрию может не потребоваться, особенно если элемент будет создаваться с использованием аддитивного производства.





## ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ В ПОДРОБНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

На этом этапе разработки конструкторы добавляют детали в отобранный вариант конструкции, одновременно проверяя его на соответствие требованиям по форме, посадке и функционированию. Чтобы улучшить характеристики, они изучают альтернативные опции для различных областей проектирования. Это особенно справедливо в отношении инженеров, которые ищут баланс между такими конфликтующими требованиями, как вес и структурная нагрузка, стоимость и собственные частоты.

Цифровым геометрическим представлением конструкции на данном этапе служит подробная 3D-модель. Такие модели часто создаются с помощью параметрического и прямого моделирования, которое дает скругленную геометрию.

Как и в случае с концептуальным проектированием, обратный инжиниринг выполняет различные функции в подробном проектировании. Геометрия сетки отсканированного изделия или компонента может использоваться в качестве контекста для подробного проектирования. На основе этого элемента можно разработать множество других конструкций при проверке требований. В этом сценарии нет необходимости преобразовывать сканируемый компонент в скругленную модель.

Обратный инжиниринг также может стать основой для подробного проектирования. Сканирование объекта можно использовать в качестве руководства для создания новой скругленной геометрии с использованием возможностей параметрического и прямого моделирования. Это позволяет конструкторам ускорить работу вместо того, чтобы начинать с чистого листа.

Еще одно применение обратного инжиниринга — использование геометрии сетки для подробного проектирования. Возможности моделирования фасетов можно использовать для изменения и корректировки геометрии сетки, в том числе для добавления или удаления материала. Данная модель может быть выпущена в производство, особенно если для производства используются аддитивные подходы.

В каждом из этих сценариев решающее значение имеет возможность сочетать и согласовывать возможности моделирования фасетов, а также параметрического и прямого моделирования. Это позволяет конструкторам изменять геометрию сетки либо как геометрию конструкции, либо в качестве справочного материала. Кроме того, это позволяет конструкторам при необходимости создавать скругленную геометрию.



## ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ В ПРОТОТИПИРОВАНИИ И ТЕСТИРОВАНИИ

На этапе прототипирования и тестирования конструкция производится физически и тестируется. Цель состоит в том, чтобы убедиться, что она действительно соответствует всем установленным требованиям. Кроме того, выпущенную конструкцию могут вернуть на этот этап в случае ошибки. Прототипирование и тестирование могут применяться для определения основной причины сбоя перед разработкой модифицированной версии.

Подробная 3D-модель впервые становится физической конструкцией именно на этапе прототипирования и тестирования. Это требует использования таких производственных возможностей, как создание траекторий движения инструмента для станка с ЧПУ или 3D-печать, которые используются для физического воплощения конструкции.

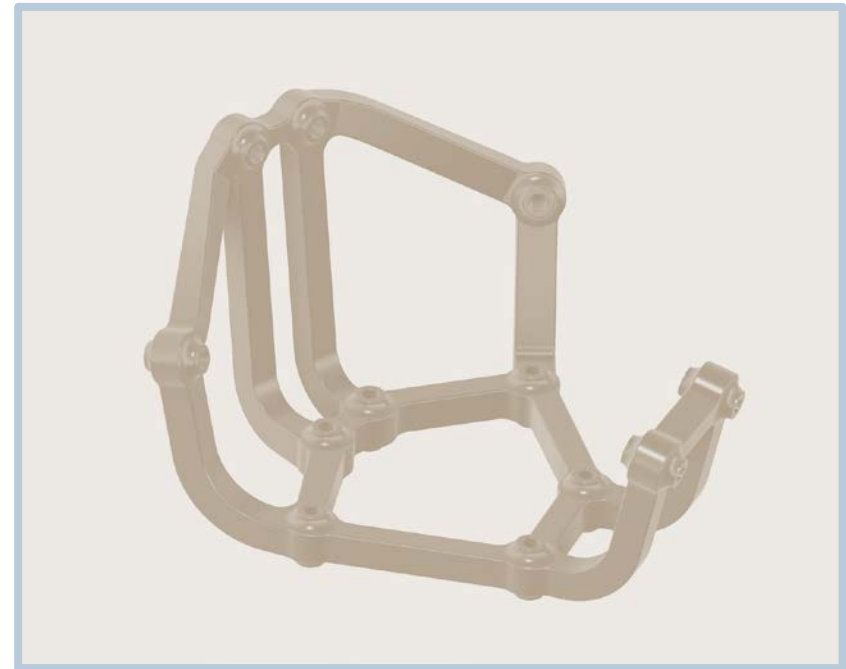
Одним из основных предназначений обратного инжиниринга в прототипировании и тестировании является быстрое воспроизведение существующего изделия или компонента для проверки характеристик других конструкций. Здесь обратный инжиниринг используется для воспроизведения существующего объекта. Затем он используется вместе с новыми конструкциями в целях тестирования. В этом случае в воссозданный объект не вносятся никакие изменения.

Похожий, но немного другой случай — это применение обратного инжиниринга для создания копии существующего объекта с целью определения основной причины сбоя. Задача здесь состоит не в том, чтобы изучить или проверить какие-либо изменения в конструкции, а в том, чтобы понять, как и почему элемент вышел из строя. Как только это станет ясно, организация может продолжить разработку новой конструкции, чтобы изменить существующий элемент или заменить его чем-то новым.

Еще одно применение обратного инжиниринга — моделирование возможных изменений в существующем изделии или компоненте, чтобы затем быстро провести их физические испытания. В этом

сценарии важно не только быстро разработать 3D-модель на основе сканирования, но также иметь возможность быстро и легко вносить изменения в геометрию сетки.

Как и в случае с концептуальным или подробным проектированием, решающее значение для использования обратного инжиниринга в прототипировании и тестировании имеет возможность сочетать и согласовывать возможности моделирования фасетов, а также параметрического и прямого моделирования. Это позволяет конструкторам изменять геометрию сетки либо как геометрию конструкции, либо для справки. Кроме того, это позволяет конструкторам при необходимости создавать скругленную геометрию.



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУХ РАЗНЫХ РЕШЕНИЙ

Обратный инжиниринг — важный элемент концептуального, подробного проектирования, прототипирования и тестирования. Однако если при обратном инжиниринге использовать два отдельных решения, это может вызвать проблемы.

### ДВА ВИДА ГЕОМЕТРИИ, ТРИ ВИДА МОДЕЛИРОВАНИЯ

Традиционное геометрическое моделирование обычно подразделяется на два вида: параметрическое и прямое. Параметрическое моделирование используется для поэтапного создания модели с помощью параметрических возможностей управления размером. При прямом моделировании геометрия изменяется операциями вытягивания или перетаскивания. В данных методах моделирования используется «граничные представления», в которых геометрия представлена плоскими или мягко изогнутыми поверхностями.

Геометрия сетки, наоборот, состоит из облака точек, представляющих внешнюю поверхность конструкции. В некоторых CAD-приложениях она превращается в твердотельную геометрию путем создания плоских треугольников или трапеций и их объединения в «водонепроницаемое» твердое тело. Моделирование фасетов позволяет конструкторам улучшать качество сетки, а также изменять геометрию путем добавления или удаления материала.

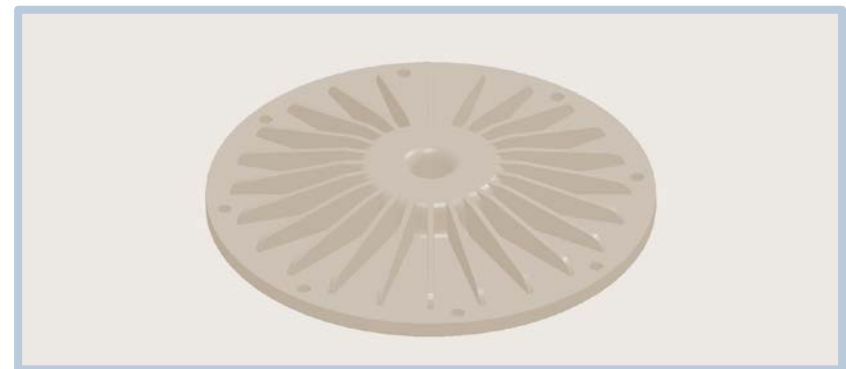
Как отмечалось ранее, бывают случаи, когда конструкторам нужна гладкая, скругленная геометрия, а бывает, когда геометрия сетки. При концептуальном проектировании конструкторы работают с эскизами и обозначенными пространствами наряду с геометрией сетки отсканированных компонентов. При подробном проектировании они создают 3D-модели с учетом геометрии сетки. При прототипировании и тестировании им необходимо быстро

создавать компоненты из этих граничных представлений и геометрии сетки.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУХ РАЗНЫХ РЕШЕНИЙ

В традиционных CAD-решениях, используемых для создания 3D-моделей и многого другого, параметрическое и прямое моделирование применяются вместе, в результате чего получаются граничные представления. Эти мощные инструменты моделирования можно использовать для разработки концепций и подробных конструкций, а также для создания физических компонентов. К сожалению, только немногие поставщики решений предлагают моделирование фасетов вместе с традиционными методами.

Поскольку большинство CAD-систем не работают с геометрией сетки, инженеры вынуждены искать другие решения для выполнения работы. Некоторые поставщики, особенно те, которые продают оборудование для лазерного сканирования, предлагают отдельные решения, подобные CAD-системе, в которых есть функция моделирования фасетов. В теории инженеры могут использовать и традиционные CAD-системы, и специальные решения, подобные CAD. Но в такой схеме есть ряд минусов.



## ОТСУТСТВИЕ ЕДИНОЙ СРЕДЫ

При концептуальном и подробном проектировании, а также при прототипировании и тестировании нередко необходимо использовать параметрическое, прямое моделирование и моделирование фасетов **поочередно**. Например, пользователь может работать над фасетными данными, затем создать параметрический элемент, затем изменить что-то путем прямого моделирования, а затем снова перейти к моделированию фасетов. Если все три возможности не содержатся в едином решении, проектировщики и конструкторы просто не смогут выполнить работу. Вместо этого они будут искать способ передачи данных проектирования между традиционной CAD-системой и специализированным решением, подобным CAD-системе.

## ОБМЕН ДАННЫМИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Если вы сталкивались с обменом геометрией между CAD-решениями, тогда вы, скорее всего, знакомы и с сопряженными с ним проблемами. Передача модели из одного программного обеспечения в другое часто приводит к неправильному расположению или исчезновению поверхностей, линий или точек. Это портит модель, потому что она теряет точность. Конструкторы вынуждены исправлять подобные проблемы каждый раз, когда геометрия передается из одного типа программного обеспечения в другой.

Перемещение геометрии между традиционными CAD-системами и специализированными решениями, подобными CAD, ничем не отличается. Оно вызывает те же проблемы. В результате конструкторы теряют много времени и, скорее всего, это затруднит разработку.

## ОСНОВНЫЕ ТЕЗИСЫ

Чтобы воспользоваться возможностями обратного инжиниринга, конструкторы могут использовать традиционные CAD-системы вместе со специализированными решениями, подобными CAD. Но такая схема сопряжена с существенными помехами в рабочем процессе. Такой подход не позволяет использовать параметрическое, прямое моделирование и моделирование фасетов поочередно, что ограничивает конструкторов. Также это приводит к тому, что конструкторы тратят много времени на исправление ошибок, возникающих в результате передачи данных между двумя решениями. Хотя в течение многих лет предпочтение отдавалось альтернативным решениям, это был единственный способ выполнения процессов обратного инжиниринга при разработке изделия.



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОДНОГО РЕШЕНИЯ

В прошлом году появилась новая технология, которая позволяет быстрее и проще выполнять обратный инжиниринг в процессе разработки. Возможности некоторых CAD-систем были расширены путем включения моделирования фасетов, а также параметрического и прямого моделирования. Помимо импорта данных облака точек и создания на их основе геометрии сетки, существуют другие последствия применения обратного инжиниринга.

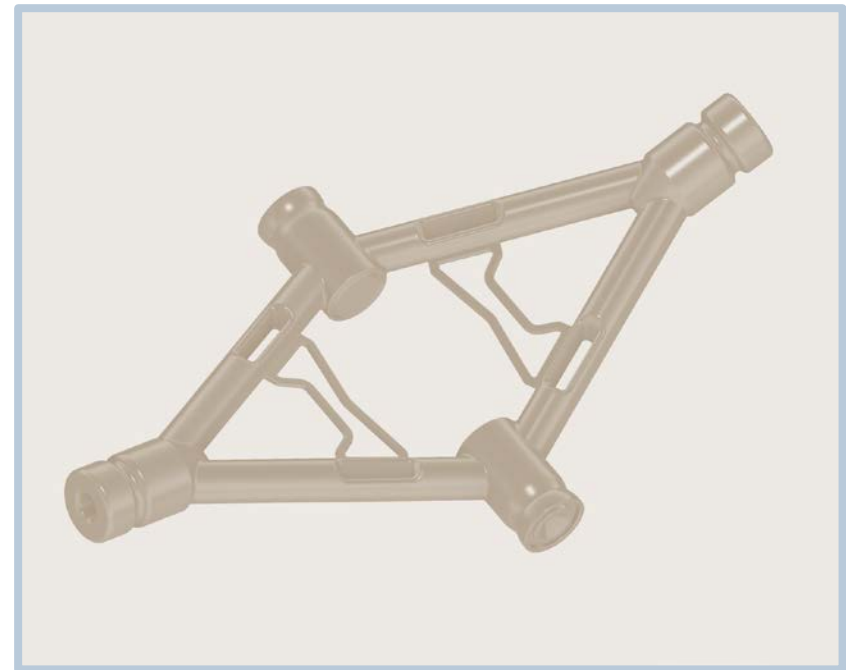
Когда конструкторы создают геометрию граничного представления на основе данных сканирования, рабочий процесс упрощается. Все возможности моделирования сосредоточены в единой среде, что означает, что у конструкторов всегда есть доступ к нужным инструментам.

Кроме того, конструкторам необязательно преобразовывать отсканированные компоненты в геометрию граничного представления. Моделирование фасетов позволяет внести изменения в конструкцию без трудозатратных дополнительных шагов. Это особенно актуально в случае с компонентами, которые производятся с помощью 3D-печати и в которых уже используется геометрия сетки.

В случаях, когда обратный инжиниринг необходимо использовать в качестве контекста для создания новых конструкций, рабочий процесс также значительно упрощается. Конструкторы просто считывают данные облака точек и при необходимости выполняют сканирование, используя возможности параметрического и прямого моделирования. Отсканированный компонент служит для справки.

Очень важно, что новое поколение CAD-приложений позволяет конструкторам избежать следующей задачи: *обмен данными проектирования*. Так как все возможности предлагаются в единой среде, перемещать 3D-данные между решениями не нужно. Всю работу можно сделать в единой среде. Конструкторы не тратят время на исправление геометрии. Они проектируют.

В целом, добавление возможности моделирования фасетов к параметрическому и прямому моделированию является значительным преимуществом для конструкторов, стремящихся использовать обратный инжиниринг в своих процессах разработки. Это позволяет избежать множества проблем и дает конструкторам возможность сосредоточиться на проектировании.



## ИТОГИ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обратный инжиниринг — давно установившаяся практика в разработке изделий. Но при этом, поскольку проектирование превратилось в серию цифровых рабочих процессов, технологии, используемые для обратного инжиниринга, не развивались. В результате возникают значительные помехи в рабочих процессах.

### ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ В РАЗРАБОТКЕ

На практике обратный инжиниринг используется на многих этапах разработки. В концептуальном и подробном проектировании отсканированные элементы могут выступать в качестве основы или контекста для новых конструкций или подробных моделей. В прототипировании и тестировании обратный инжиниринг позволяет быстро исследовать и тестировать конструкции, анализировать первопричины и выполнять валидацию. Обратный инжиниринг играет ключевую роль.

При сканировании объекта создается облако точек из сотен или тысяч измерений. Его можно использовать для создания твердотельной геометрии путем создания плоских фасетов между любыми тремя точками в облаке. В результате получается геометрия сетки, которую нельзя изменять или редактировать с использованием возможностей параметрического или прямого моделирования. Вместо этого изменять такую геометрию позволяет моделирование фасетов.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУХ РАЗНЫХ РЕШЕНИЙ

Как правило, CAD-системы предоставляли возможности параметрического и прямого моделирования, но не моделирования фасетов. Чтобы создать 3D-модель отсканированного компонента, конструкторы обращались к специальным решениям, аналогичным CAD-системам, которые предлагают функции моделирования фасетов. Это ограничивало проектирование, так как не было единой среды, которая обеспечивала бы возможности моделирования фасетов, а также параметрического и прямого моделирования, каждое из которых необходимо для изучения новых вариантов конструкции. Кроме того, использование двух отдельных решений вынуждало конструкторов переводить данные проектирования из одного формата в другой. Такой обмен данными часто приводит к

нарушению геометрии, исправление которого требует значительного времени.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОДНОГО РЕШЕНИЯ

В прошлом году в некоторых CAD-системах стали предлагаться все три вида моделирования — моделирование фасетов, параметрическое и прямое. Это облегчает для конструкторов задачу преобразования отсканированных данных в геометрию граничного представления. А также позволяет проще использовать отсканированные данные в качестве контекста для разработки новых конструкций. Кроме того, это избавляет от необходимости преобразовывать модели, что значительно экономит время. В целом, новые, прогрессивные CAD-системы устранили трудности, сопряженные с обратным инжинирингом.

### ВЫВОДЫ

Обратный инжиниринг был и остается ключевым элементом разработки. С появлением CAD-систем, предлагающих моделирование фасетов наряду с параметрическим и прямым моделированием, конструкторы могут вернуть производительность на прежний уровень и тратить больше времени на проектирование.

© 2017 LC-Insights LLC

**Чед Джексон** (Chad Jackson), аналитик, исследователь и блогер в [Lifecycle Insights](#), предоставляет информацию о технологиях, поддерживающих проектирование, включая CAD, CAE, PDM и PLM. [chad.jackson@lifecycleinsights.com](mailto:chad.jackson@lifecycleinsights.com)

