

Оригинал статьи “*Modelling through visual programming. Algorithm-based platforms allow a unified approach to design*” на английском языке можно найти на сайте [www.machinedesign.com](http://www.machinedesign.com)

# Моделирование с помощью визуального программирования

Алгоритмические платформы позволяют унифицировать подход к проектированию

*Andrew Reitz, разработчик продукта (nTopology, Inc.)*

©2019 Informa USA, Inc.

Осознавая ограничения традиционных CAD-систем при создании и управлении очень сложными конструкциями, компания *nTopology* предприняла попытку объединить процессы 3D-моделирования, симуляции и подготовки производства в единой среде компьютерного моделирования, под управлением мощного настраиваемого интерфейса для **визуального программирования**.

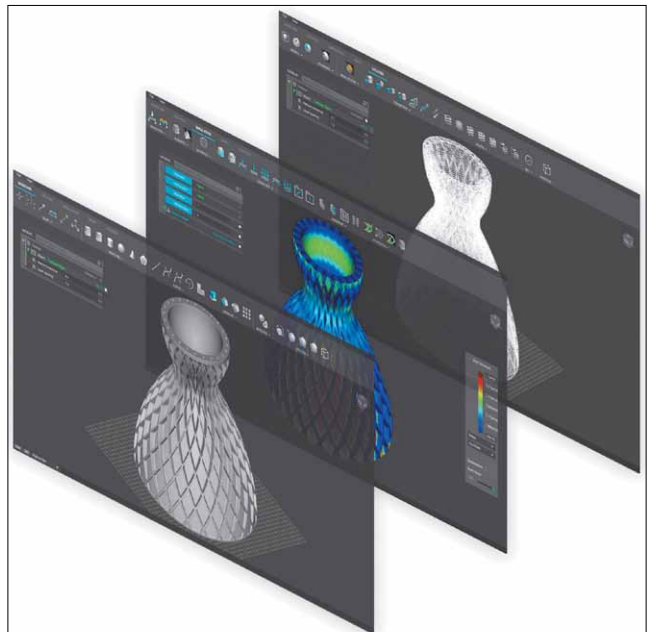
Цель нашей деятельности заключается в том, чтобы предоставить отрасли возможность быстрой и умной автоматизации всех аспектов на пути создания конструкции – от геометрического моделирования до подготовки производства. Это поможет командам разработчиков изделий следовать лучшим практикам, улучшать совместную работу и создавать более инновационные продукты следующего поколения.

## Важная роль визуального программирования

Визуальное программирование (требующее не написания программного кода, а лишь манипуляций с графическими объектами. – *Прим. ред.*) является одним из способов вычислительного моделирования. Оно устраняет огромные сложности, связанные с использованием инженерного ПО, позволяя алгоритмическим путем работать с базовыми технологиями, лежащими в основе CAD-платформ. Ключевым преимуществом такого типа программирования является то, что оно дает пользователям возможность автоматизировать сложные задачи моделирования и собирать их из модулей.

Хотя визуальные программные средства и дают преимущества желающим получить больше автоматизации, чем предлагают CAD-инструменты, у них есть много ограничений. Такие средства представляют собой ПО общего назначения и имеют сложную пользовательскую структуру данных, требующую усилий по освоению. Важно, что совместимость обеспечивается только для сеточной (*Mesh*) и граничной (*B-Rep*) геометрии, и при этом требуется глубокое понимание топологических структур каждого из этих типов представления.

Более того, по мере того как и сеточное, и граничное представление становятся всё более



*Пример интегрированной среды: скриншоты отображают форму проектируемого изделия, результаты инженерного анализа и данные для аддитивного производства. Изменение параметров на предыдущем этапе мгновенно вызывает обновление производственной информации. (Иллюстрация любезно предоставлена компанией nTopology)*

обширными и сложными, управление изменениями тоже усложняется. В итоге пользователи плутают в лабиринтах управления структурами данных, необходимыми для построения топологии *Meshes* и *B-Rep*, вместо того чтобы сосредоточиться на своих целях проектирования. (О собственном формате *nTopology* для представления геометрии уже упоминалось в статье “Генеративное проектирование: инопланетные детали как результат естественной эволюции”, *Observer* #7/2019. – *Прим. ред.*)

Масштабируемая среда компьютерного моделирования требует надежного, дружелюбно-пользователю интерфейса визуального программирования, который служит проводником к столь же мощному геометрическому ядру.

## Вычислительное моделирование

Вычислительное моделирование (*Computational Modeling*) является процессом разработки и ввода в действие алгоритмов для автоматизации и выполнения рабочих процедур конструирования, симуляции и подготовки производства изделий. То есть, мы получаем пространство возможных решений, основываясь на указанных пользователем взаимосвязях различных геометрических ограничений, технических данных и производственных требований.

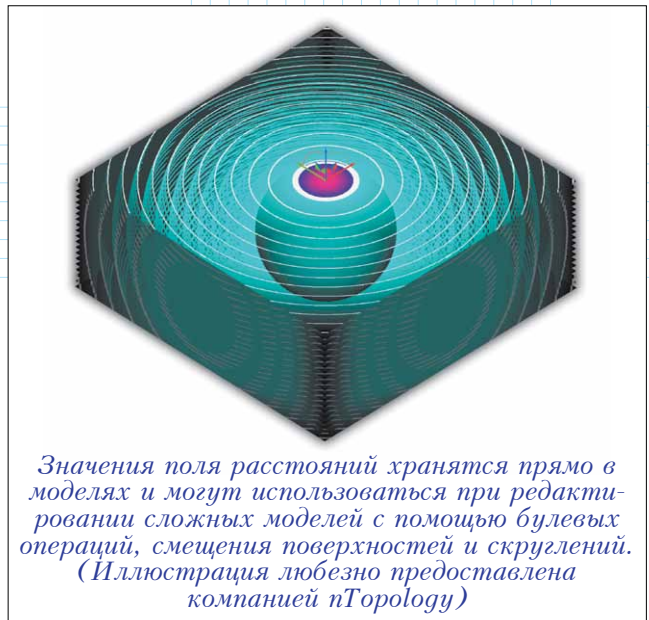
Представьте себе решетчатую структуру постоянной плотности, заполняющую некоторый объем. Теперь вообразите, что эта структура имеет переменную плотность, чтобы лучше соответствовать воздействию извне. А теперь давайте изменим объем, тип решетки и прикладываемые нагрузки. В случае традиционного моделирования это стало бы пугающе мучительной задачей. Однако с помощью вычислительного моделирования сделать это настолько же просто, насколько легко изменить несколько параметров – после того, как отлажена логика.

При использовании основанного на математике подхода процессы геометрического моделирования, симуляции и подготовки производства изделий сочетаются в рамках единой интегрированной унифицированной среды вычислительного моделирования, управляемой с помощью настраиваемого интерфейса визуального программирования. Такой подход позволяет пользователю справляться со сложностью. В итоге команды инженеров получают возможность грамотно автоматизировать каждый аспект разработки изделия. Когда усовершенствования ПО помогают преодолеть разрозненность дисциплин, то взаимодействие сотрудников, скорость и качество работы, создание инноваций – всё это улучшается естественным образом.

### “Блоки” и “блокноты”

Разработка алгоритма может казаться не совсем простым делом, но описываемая среда визуального программирования проста в использовании, не предлагает сложных структур данных и при этом имеет дополнение в виде неявной технологии моделирования. Реализованная в рамках платформы система “блоков” (*blocks*) позволяет инженерам программировать без необходимости изучения нового языка программирования. Визуальная программа состоит из словаря блоков, каждый из которых содержит дискретную функцию с входами и выходами (выходы служат в качестве новых входов), которые образуют то, что мы называем “блокнотом” (“*notebook*”).

На первый взгляд эти блокноты могут напоминать древовидные структуры, которые мы обычно видим в CAD-системах с историей



*Значения поля расстояний хранятся прямо в моделях и могут использоваться при редактировании сложных моделей с помощью булевых операций, смещения поверхностей и скруглений. (Иллюстрация любезно предоставлена компанией nTopology)*

построения, использующих конструктивные элементы.

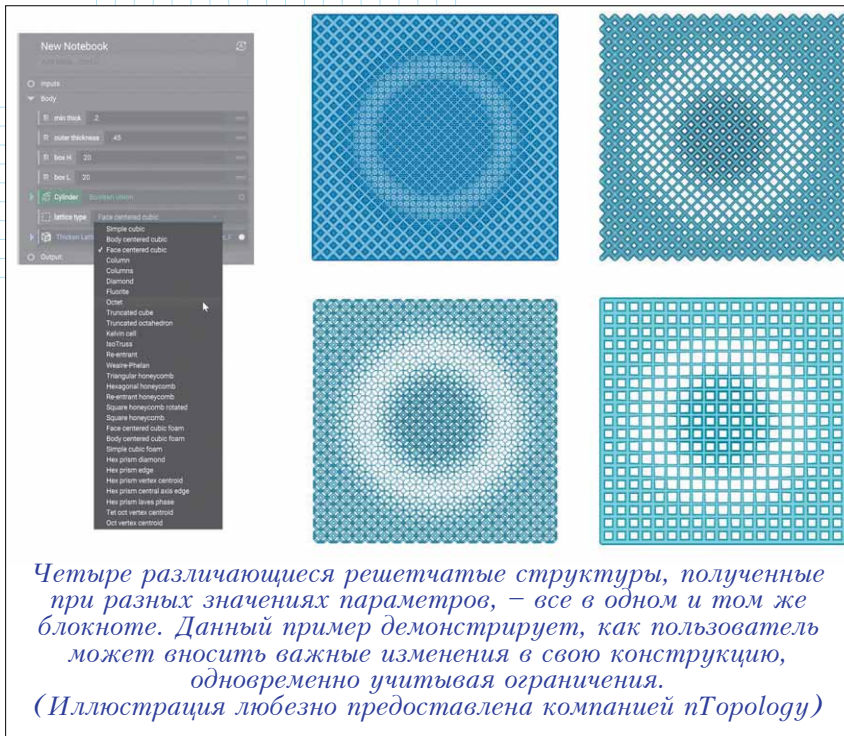
Под капотом у “блокнотов” находятся большие математические суперуравнения, которые дают на выходе положительные и отрицательные значения по всем трем измерениям. Все эти величины в совокупности и образуют нашу “область” (поле расстояний) и границы выбранной нами геометрии – там, где все значения равны нулю. Внутренняя область геометрии формируется отрицательными значениями, внешняя – положительными. По мере удаления от границ положительные величины увеличиваются, а отрицательные уменьшаются.

Эти всегда присутствующие величины используются для выполнения операций моделирования – булевых, смещения поверхностей (*offsetting*), скругления – поскольку они не определены топологией или геометрическими связями (*constrains*). Такой процесс определения геометрии при помощи математических уравнений называются неявным моделированием. Это – моделирование в самом чистом виде.

Описанные возможности усиливаются благодаря синтезу данных инженерного анализа и данных для производства, что позволяет создавать конструкции на основе полей (*field-driven designs*).

(Подробнее об этом рассказывается в статье “*Field-Driven Design for Rapid Engineering and Collaboration*” на сайте [www.digitalengineering247.com](http://www.digitalengineering247.com). – Прим. ред.)

В приведенном примере с решеткой применение платформы вычислительного моделирования позволяет пользователям заполнять деталь решетчатой структурой, запускать прочностной анализ и использовать данные симуляции для оптимизации и тонкой подгонки решетки – всё



*Четыре различающиеся решетчатые структуры, полученные при разных значениях параметров, – все в одном и том же блокноте. Данный пример демонстрирует, как пользователь может вносить важные изменения в свою конструкцию, одновременно учитывая ограничения.  
(Иллюстрация любезно предоставлена компанией nTopology)*

это в единой связанной среде. Модификация детали или замена решетки теперь является вопросом изменения нескольких величин в блокноте.

Преимуществом является то, что один и тот же блокнот можно беспрепятственно использовать во многих различных сценариях. Для конечного пользователя это достаточно простое дело, и ему не потребуется изучать новый синтаксис. Концепция блокнота дает коллективу инженеров возможность не только


автоматизировать, фиксировать и составлять из модулей рабочие процедуры пользователя, но и повысить функциональность изделий, сэкономить время, избежать ошибок.

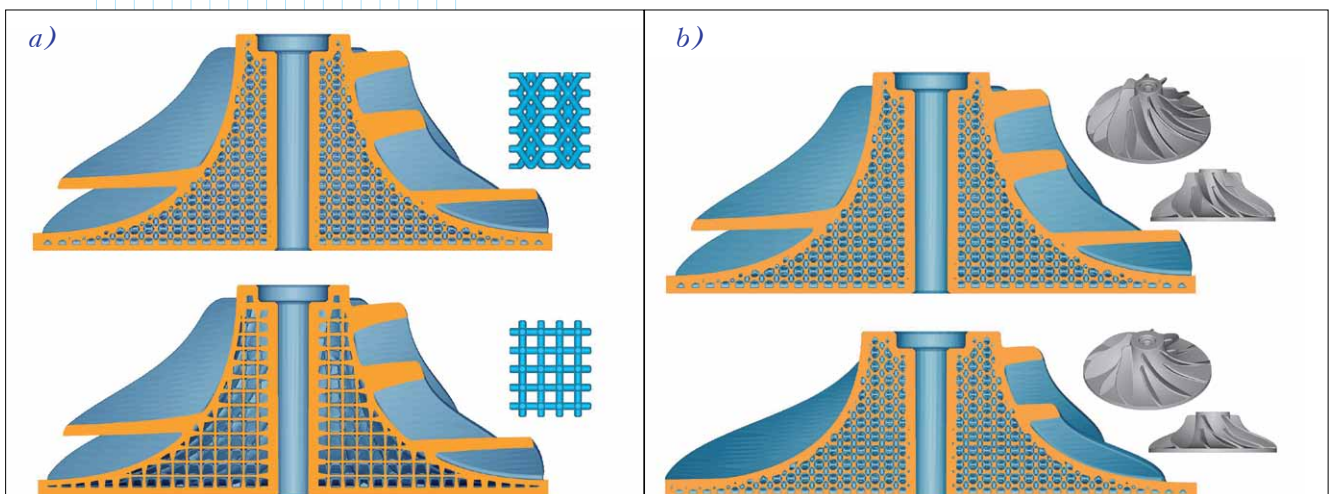
Итеративное применение полных возможностей и неявных операций посредством определенных пользователем алгоритмов позволяет создавать, учитывая требования к нагрузкам, сложные конструкции, характерные для аддитивного производства и других передовых производственных проектов.

### Подход “снизу вверх”

Вычислительное моделирование является эффективным, интеллектуальным, масштабируемым восходящим (снизу вверх) подходом, который позволяет решить большинство самых сложных технических проблем. Его единая унифицированная среда улучшает взаимодействие между командами

разработчиков и в большей степени гарантирует то, что полученные знания будут сохранены и найдут применение в будущих изделиях.

По мере развития требований современного производства и возрастания сложности изделий, блоки и блокноты, встроенные в платформу вычислительного моделирования, будут адаптироваться к этим изменениям, чтобы и дальше обеспечивать улучшение эксплуатационных характеристик и экономических показателей продукции. 



*Для уменьшения веса и оптимизации прочностных характеристик изделия можно опробовать различные решетчатые структуры:*

- a) две разные структуры применительно к одному и тому же импеллеру;*
- b) одна и та же структура применительно к двум разным импеллерам.*

*(Иллюстрация любезно предоставлена компанией nTopology)*