

ПРИНЦИПЫ СОВРЕМЕННОГО ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОМ ДИЗАЙНЕ

УДК: 62:7.05
ББК: 30.18

Ившин Константин Сергеевич

кандидат технических наук, профессор,
«Удмуртский государственный университет»,
г. Ижевск, Россия, e-mail: ivshic@mail.ru



Башарова Альбина Ферзинатовна

магистрант,
«Удмуртский государственный университет»,
г. Ижевск, Россия



Аннотация

Классифицировано современное трехмерное моделирование по наличию истории построения объекта и по элементам построения модели. Разработаны четыре принципа современного трехмерного моделирования в промышленном дизайне: традиционный, инверсионный, генеративный, интерактивный. Классифицированы и дифференцированы полисоставные поверхности по визуальному качеству и выявлено три класса поверхностей «А», «В» и «С». Разработаны методические рекомендации по изучению данных принципов в ходе двухуровневого учебного процесса (бакалавриат-магистратура).

Ключевые слова

промышленный дизайн, электронное моделирование, трехмерное моделирование, дизайн-проектирование

Электронное трехмерное моделирование в современном дизайн-проектировании является основным средством реализации художественного замысла формы объекта, от эскизов художественного образа до инженерных чертежей. В настоящее время электронное трехмерное моделирование классифицируется по наличию истории построения объекта (табл. 1) и по элементам построения модели: каркасное, полигональное, поверхностное, твердотельное, конечно-элементное, генеративное (табл. 2) [1-4]. Каждый из видов моделирования нашел применение в процессе дизайн-проектирования промышленных изделий.

В индустрии дизайна существует постоянная потребность в обновлении форм, в переосмыслении взаимодействия, организации объектов и пространства. Актуальным остается снижение сроков моделирования будущего изделия. Данные задачи позволяют решить внедрение междисциплинарных принципов трехмерного моделирования в процесс проектирования.

Целью исследования является разработка принципов моделирования, выявление междисциплинарных связей в изучении современных видов моделирования для решения задач устойчивого дизайна и поиска новых решений форм объектов, исследование новых видов моделирования. Внедрение принципов в процесс проектирования позволит приобретать знания о моделировании не как об отдельной дисциплине, а как о целостном процессе: от создания эскизов до прототипирования и производства. Принципы выстроены по нарастанию

Таблица 1.
Виды 3D моделирования по наличию истории построения объекта

Виды	Описание	Пример программы
Параметрическое моделирование	Моделирование по набору заданных варьируемых параметров операций	CATIA
Непараметрическое моделирование	Моделирование без сохранения параметров построения (истории построения)	Rhinoceros
Комбинированное моделирование	Историю построения в любой момент можно удалить/отключить	Alias Studio Tools, Rhinoceros + Grasshopper

сложности, формируя этапы образовательного процесса бакалавриата и магистратуры, позволяя последовательно овладевать компетенциями теории и практики современного моделирования.

С появлением условно-бесплатных 3D сканеров, недорогих 3D принтеров реализация приведенных ниже принципов стала возможной не только в дорогостоящих дизайн-студиях, но и частным дизайнерам, студентам в любых условиях (дома, в университете, в офисе и пр.).

Освоение и понимание разработанных ниже принципов электронного трехмерного моделирования позволяет грамотно выбирать рациональный способ моделирования в конкретной проектной ситуации, искать новые способы воплощения идей, развивать новое мышление и инновационный подход к моделированию как средству проектирования.

В практике дизайн-проектирования виды моделирования используются в синтезе, формируя определенный принцип для создания формы объекта. В результате анализа применения видов моделирования сформулированы и разработаны четыре принципа моделирования: традиционный, инверсионный, генеративный, интерактивный.

Традиционный принцип включает 4 этапа (рис. 1): творческое (Sketch modeling), или полигональное, моделирование (Polygonal and mesh modeling) → поверхностное моделирование класса «А»/«В»/«С» (Surface modeling) → твердотельное моделирование (Solid modeling) → прототипирование (Prototyping).

Знание данного принципа позволяет дизайнеру реализовывать концепции на компьютере в трехмерном пространстве, изучать формообразование и просто выводить объект на установки

Таблица 2.
Виды 3D моделирования по элементам построения

№	Виды	Элементы построения	Программы	Модель
1.	Полигональное моделирование	Полигон, кривая, (poly, nurbs, mesh)	Alias, 3ds Max, Maya, Rhino	Полигональная
2.	Каркасное моделирование	Точка и линия (line & point)	Alias ST, AutoCAD, CATIA, IsemSurf	Каркасная
3.	Поверхностное моделирование	Точка, линия, поверхность (surface)	Alias ST, AutoCAD, CATIA, IsemSurf, SolidWorks	Поверхностная
4.	Твердотельное моделирование	solid (твердое тело)	Alias ST, AutoCAD, CATIA, IsemSurf, SolidWorks	Твердотельная
5.	Конечно-элементное моделирование	узел, конечный элемент, сетка (point, lines, mesh)	Ansys, Rhino + Kangaroo	Конечно-элементная
6.	Генеративное моделирование	компоненты, связи между компонентами	Rhino + Grasshopper	Генеративная

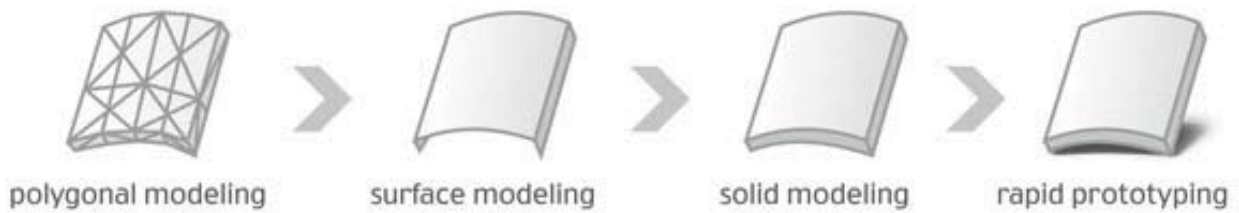


Рис. 1. Алгоритм традиционного принципа

быстрого прототипирования. Данный распространенный способ позволяет в короткие сроки создавать разнообразные формы моделей по чертежам, электронным и рукотворным эскизам. Хорошо подходит для моделирования концепт-артов и концептов автомобилей, концепций и итоговых форм промышленных изделий с простой, средней и повышенной сложности геометрией формы.

Этап творческого моделирования (полигонального или рукотворного) подразумевает создание графической двумерной информации об объекте (рукотворные наброски, чертежи, сечения или эскизы) либо трехмерной (эскизная электронная полигональная модель). Графическая информация служит основой для последующего поверхностного моделирования. Качественная поверхностная модель служит основой для последующей проработки модели твердотельной модели. Твердотельное моделирование происходит на основе получившейся поверхностной модели: создается толщина материала, добавляются конструктивные и технологические элементы. Для расчета в САМ- и САЕ-системах можно использовать и твердотельную, и поверхностную модель, в зависимости от вида расчета и требований для конкретного программного обеспечения. Полученную твердотельную модель можно отправлять в печать, например, на 3D принтере, станке с ЧПУ и пр. В противоположной последовательности, но схожие по типу этапы лежат в основе инверсионного принципа моделирования.

Требования к поверхностному моделированию постоянно возрастают одновременно с удешевлением технологий быстрого прототипирования, применением системного дизайна (где одна модель одновременно идет на создание рекламы, выставки, на производство), продажей продукции через интернет (где выставляются еще не выпущенные объекты, а фотореалистичные 3D-модели). В процессе дизайн-проектирования необходимо стремиться к снижению срока проектирования, количества материальных ресурсов (компьютерный анализ на прочность,



Рис. 2. Классы полисоставных поверхностей



Рис. 3. Степени кривых Безье и способы сопряжения поверхностей на основе данных кривых

аэродинамику и др.), что влечет за собой преследование важной цели – снижению стоимости конечного изделия. Данные задачи в настоящее время решаются с помощью высококачественных поверхностных моделей.

Поверхности класса «А» в настоящее время наиболее востребованы в процессе моделирования объектов дизайна. Они применяются при сквозном дизайн-проектировании: в создании модели и изготовлении ее методами быстрого прототипирования; в создании высокореалистичной визуализации, видеоролика и презентации; в нюансной проработке деталей и последующей визуализации. Особое место занимает дизайн транспортных средств, где кузов автомобиля непременно создается с помощью поверхностей класса «А», чтобы достичь высокого качества бликов и светотени. В настоящее время отсутствуют сформулированные требования и научное обоснование моделирования поверхностей класса «А» (поверхностей разного качества).

В ходе исследования единого термина поверхности класса «А» выявлено не было, также как и критериев оценки, принципов построения поверхностей, разделение на какие-либо классы. На рисунке 2 представлен анализ и дифференциация полисоставных поверхностей по визуальному качеству и выявлено три класса поверхностей «А», «В» и «С».

Классы характеризуются количественными показателями: наличием или отсутствием определенных типов сопряжений (рисунок 3): G0 (ребро), G1 (скругление, зависимость по тангенсу, по первой производной), G2 (сглаживание, зависимость по кривизне, по второй производной), цельностью поверхности (отсутствие непреднамеренных разрывов) и качественным показателем: материалом – гляцевый/матовый.

Поверхность класса «А» – это полисоставная поверхность, созданная с применением непрерывностей высокого порядка G2, G3 в местах плавного перехода и G0 для моделирования ребер. При визуализации обладает неразличимыми стыками и плавными цельными бликами по всей своей поверхности (рис. 1, 2). Применяется для моделирования объектов с гляцевыми видовыми поверхностями, объектов со сложной оболочковой формы, для изделий премиум сегмента.

Поверхность класса «В» – это полисоставная поверхность, созданная с применением непрерывностей не выше G1 (G1, G0) для всей модели. При визуализации обладает неразличимыми стыками, но приобретает некоторое искажение бликов (рис. 1). Применяется в



Рис. 4. Чайный набор Hills & Hollows [5]

производстве промышленных изделий с матовыми, полуматовыми поверхностями любого типа: пылесосы, фены, мобильные телефоны и т.д.

Поверхность класса «С» (использование непрерывности во всей модели не выше по G0). При визуализации обладает незначительно различимыми стыками и ломаными бликами. Используется в самых малозначимых местах модели и практически всегда при проектировании разных деталей, таких как двигатель, коробка передач и т.д. Основное применение в моделировании деталей, где дизайн не имеет большого значения. Используется также в связке с классами «В» и «А» для создания характерной, агрессивной формы объекта. Использование исключительно поверхности класса «С» приводит к техническому моделированию.

В сложной глянцевой видовой поверхности, например, кузова легкового автомобиля, встречаются все виды непрерывности G0, G1, G2, применение каждого из них зависит от поставленных задач перед дизайнером и того, как будет разбита сложная поверхность на простые. Задача дизайнера при моделировании сложной поверхности в классе «А» – дробить модель на простые поверхности и добиваться визуального эффекта цельной оболочки, т.е. когда блик переходит от одной части полисоставной поверхности до другой гладко, изменяя свое направление и характер в соответствии с художественной задачей, а не с проблемами моделирования.

Целесообразными объектами моделирования поверхностей класса «А» являются объекты с видовыми плоскостями с закрытой оболочковой объемно-пространственной структурой и сложной вогнуто-выпуклой формой. Например, кузов легкового автомобиля, самолета, корпус сложного по форме изделия (прибор, шлем, и др.), некоторые предметы культурно-бытового назначения, где требуется нюансная проработка формы изделия и высококачественные поверхности (товары сегмента «премиум»). В других случаях моделирование поверхностей класса «А» будет экономически нецелесообразно в связи с затратой большого количества времени.

Критерии выбора традиционного принципа моделирования: оболочковая структура формы, не фрактальная, не требует изменений во времени и пространстве; исходными данными для моделирования являются скетчи и чертежи.

Обоснование выбора моделирования поверхностей класса «А»: по ТЗ стоит нюансная проработка формы объекта, так как криволинейные элементы, стыки и фаски являются в данном объекте носителями смысловой и художественной нагрузки, а также по ТЗ требуется фотореалистичная визуализация для последующей демонстрации объекта в конкурсе. Выделив

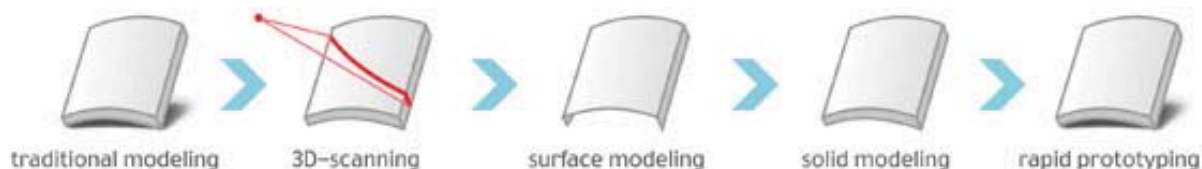


Рис. 5. Алгоритм инверсионного принципа

два требования к модели, можно сделать вывод о целесообразности моделирования в поверхностях класса «А». На основе данного принципа был разработан авторский проект чайного сервиза «Hills&Hollows» (рис. 4), состоящий из чашки, вазы и подставки-крышки.

Инверсионный (обратный) принцип (рис. 5): традиционное макетирование (Modeling) → объемное сканирование (3D scanning) → поверхностное моделирование класса «А»/«В» (Surface modeling) → твердотельное моделирование (Solid modeling) → прототипирование (Prototyping).

Инверсионный принцип моделирования по этапам имеет сходства с традиционным, однако, для создания поверхностной модели используются данные, полученные сканированием рукотворного макета или прототипа изделия на 3D сканере. Данный принцип находит все большее применение среди студентов и небольших дизайн-студий в связи с возможностью собрать недорогой 3D сканер в домашних условиях, используя условно-бесплатное программное обеспечение David [6].

Основываясь на данных, полученных посредством объемного сканирования, появляется возможность моделировать форму объекта максимально точно, можно оперировать данными о крепежных элементах. Формообразование базируется на результатах сканирования, т.е. исходными данными является поле точек или полигональная модель. Подходит для моделирования объектов приближающихся к конечной стадии производства, либо для рестайлинга существующей формы объекта, применяется для создания объектов с частично унифицированными элементами. Данный принцип более трудоемкий, по сравнению с традиционным, в связи с тем, что требуется создать макет или иметь в наличии готовый прототип, затрачивать время на сканирование, однако достигается максимальная приближенность параметров объекта к реальному изделию или макету.

В инверсионном принципе моделирования наиболее важную роль имеет этап поверхностного моделирования.

Критерии выбора инверсионного принципа моделирования: по ТЗ в качестве исходных данных для проектирования – пластилиновый макет, форма не фрактальная, не требует изменений во времени и пространстве, но сложная закрытая оболочковая.

Обоснование выбора моделирования поверхностей класса «А»: сложная оболочковая форма объекта, с видовыми поверхностями, материал высокоглянцевый, требуется управление бликами и последующая реалистичная визуализация.

Данный принцип был апробирован на проекте легкового автомобиля Lancia Delta (рисунок 6, автор магистрант Трубников Н.Ю.), результатом поискового макетирования являлся пластилиновый макет (масштаб 1:100). На первом этапе собирался 3D сканер с бесплатным ПО David, производилось сканирование, далее – моделирование поверхностей класса «А».

Генеративный принцип состоит из трех этапов (рис. 7): информационное моделирование (Information modeling) → геометрическое моделирование (Geometry modeling) → прототипирование (Prototyping).

Большую популярность среди архитекторов и дизайнеров приобретает генеративное моделирование, которое на сегодняшний день широко применяется в параметрической и генеративной архитектуре, выставочном дизайне, интерактивном дизайне. Актуальность применения данного принципа возникает в случае необходимости изменять параметры предметной системы в пространстве и времени либо при наличии системы объектов со сложной многочастной неповторяющейся структурой. Применение интерактивного принципа в



Рис. 6. Легковой автомобиль «Lancia»

промышленном дизайне на сегодняшний день является экспериментальным. Продукт: форма со сложной структурой, члененная на сектора, узоры, фракталы и пр.

Философия генеративной архитектуры и дизайна (параметризм) [7], которая основывается на изучении и создании алгоритмов предметных систем, применении фрактальных принципов геометрии, визуализации физических, биологических, математических явлений. Так, например, минимальные поверхности, еще в недавнем прошлом выведенные в форме формул математиками, с помощью программ с генеративным методом моделирования стали доступны дизайнерам. Объекты, основанные на минимальных поверхностях, максимально экономят материал, являются жесткими и в эстетическом аспекте выразительными [8]. Мембраны и поверхности Гауди также являются вдохновением для конструкций и образов параметристов, например, Gaudi Stool дизайнера Bram Geenen [9].

Генеративный принцип основывается на генеративном моделировании, которое сочетает информационное и геометрическое моделирование. На этапе информационного моделирования создается смысловая концепция объекта, отраженная в инфографических формах. Разработанную концепцию реализуют посредством генеративного метода моделирования (ПО Rhino+Grasshopper).

Информационная модель объекта позволяет в последующем свободно редактировать объект на разных этапах дизайн-проектирования, вынесение определенных параметров модели, в ряд изменяющихся для разных условий эксплуатации, изменения окружающей среды и пр. Позволяет создавать системы объектов, основанные на сложных, неповторяющихся модульно принципах формообразования (фрактальная геометрия, математические последовательности, физические явления – мембраны). Разработанную информационную модель на третьем этапе можно сгенерировать в линейную, поверхностную и твердотельную модель, для последующего



Рис. 7. Алгоритм генеративного принципа

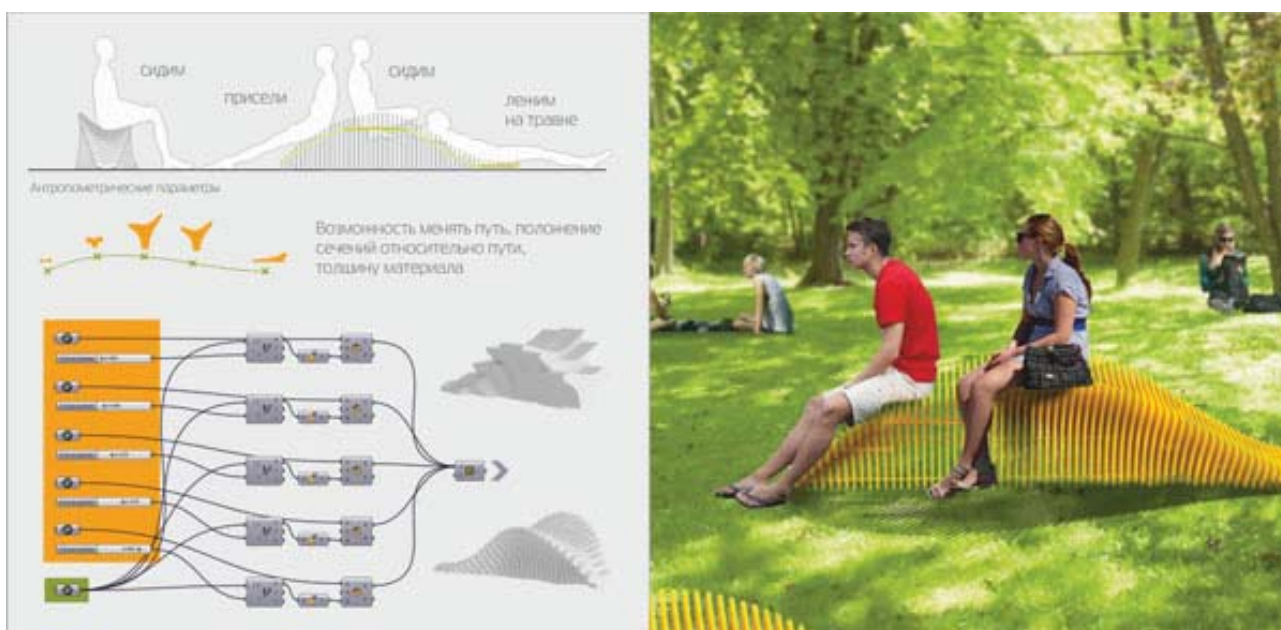


Рис. 8. Концепт садово-парковой скамейки [5]

быстрого прототипирования (рис. 5). Современные программы генеративного моделирования позволяют создавать схемы для развертки объемных форм на плоскость, вывод на плоскость сложных сечений формы, нумерацию элементов. Данные возможности облегчают процесс создания реального объекта на основе генеративной модели.

Выяснилось, что адаптация генеративной модели к различным способам производства либо требованиям к модели для 3D печати проходит быстрее, эффективнее, так как многие параметры (например, толщина материала, количество секций можно изменять в реальном времени). Также он позволяет сократить сроки моделирования сложных, многосоставных объектов, структурных, а также обладает возможностью редактировать любые параметры объекта на конечной стадии моделирования, когда результат – геометрическая модель – уже смоделирована. Данная особенность позволяет осуществлять дополнительный поиск формы в объеме, оптимизировать параметры системы под обстановку, окружающую среду, создавать одновременно линейки объектов с сходными чертами, но различными пропорциями или некоторыми параметрами.

На сегодняшний день промышленные дизайнеры редко изучают пакеты генеративного моделирования, уделяя внимание двум первым принципам. Задача данной статьи: подчеркнуть важность изучения двух последних принципов моделирования для создания студентами оригинальных объектов.

Кардинально новые формы и новая конструкция часто появляются с появлением новых технологий в производстве, однако и новые технологии в моделировании также могут повлечь за собой совершенно новое формообразование. Результат этого мы видим в работах Захи Хадид, которая, используя существующие технологии в производстве, внедрила уникальное формообразование, основанное на малоосвоенном параметрическом фрактальном моделировании.

Активное изучение и использование студентами промышленного дизайна данных двух принципов позволит совершить коренные изменения в процессе производства и потребления.

Критерии выбора генеративного принципа моделирования: сложная многочастная структура, возможность редактирования объекта после информационного моделирования.

Авторский концепт садово-парковой скамейки (рис. 8, 9) был разработан по генеративному принципу моделирования. 3D-модель обладает изменяемым комплексом параметров для приспособления объекта проекта к окружающей среде и способам эксплуатации. Изменяемые параметры: длина скамейки, количество сидячих мест, путь для размещения в пространстве – прямой, дугой, волной, толщина фанеры или дерева (в зависимости от выбранного производства),

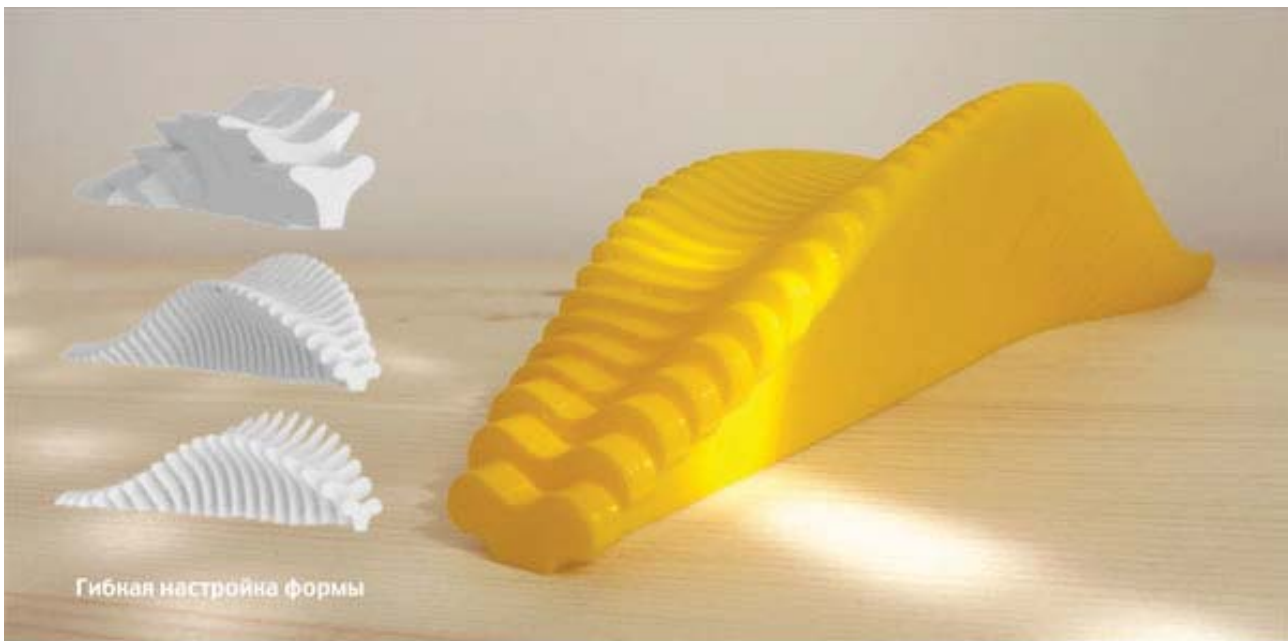


Рис. 9. Печать прототипов

количество сегментов или сечения, лежащие в основе формы изделия.

Все данные об этих параметрах хранит генеративная модель и в реальном времени актуально изменяет геометрическую модель на веб-сайте дизайнера либо производителя, создавая реальное взаимодействие между потребителем и дизайнером.

Пример будущего способа потребления: потребитель заходит в электронный магазин для заказа садовой скамейки. Будучи ограниченным в площади, он хочет владеть неповторимым объектом на своем участке. Он думает о своем доме, который похож, например, на «раковину морского животного». Он находит понравившуюся ему по форме скамейку, однако, его не устраивает заявленная производителем длина, нажимает кнопку «изменить параметры» и вводит параметры: 3 человека, длина 1,5 м, цвет. Нажимает «оплатить» и «произвести». После этого индивидуальная модель поступает на FabLab и производится машинами-роботами, некоторые процессы конечной сборки и подобное остаются за покупателем или это за него делают сборщики. Разработка рынка таких изделий позволит сделать революцию в способах потребления изделий.

Модель в данном случае является системой объектов, подобием приспособляемого трансформера, способного менять свой облик в зависимости от потребностей потребителя, ландшафта. Дизайнер, проектируя одну модель, может получать на выходе множество вариантов изделий. Таким образом, экономятся средства на разработку и время.

Таковыми могут быть будущая мягкая и корпусная мебель для дома, светильники, мебель для открытых мест (дач, парков), малые архитектурные формы (беседки, павильоны) и многое другое.

Соответственно, новая структура проектирования и моделирования также может создать новую структуру производства и потребления.

Примерами генеративного принципа моделирования являются проекты Zaha Hadid [10], Института архитектуры и дизайна «Стрелка» [11] и др.

Интерактивный принцип состоит из трех взаимопроникающих этапов (рис. 10): генеративное моделирование (Generative modeling) ↔ декодирование информационной модели в плагине «Firefly» (Decoding) ↔ открытая платформа для прототипирования «Arduino» / «Freduino» (Interactive prototyping).

Интерактивный принцип основывается на интеграции генеративной модели с открытой платформой для прототипирования, посредством декодирования информационной модели (плагин «Firefly»). Подобные платформы позволяют создавать электронные системы, включающие сенсоры



Рис. 10. Алгоритм интерактивного принципа

(датчик освещенности, положения в пространстве и пр.) для взаимодействия с окружающей средой, сервоприводы, моторы и многое другое [12]. Данный способ моделирования позволяет студентам и практикующим дизайнерам, а также исследователям создавать генеративные модели, способные взаимодействовать с окружающей средой, с человеком посредством сенсоров. Возможно создание кинетических прототипов, которые изменяются в реальном времени с изменением генеративной модели на компьютере. На данный момент для создания прототипа студентам требуется иметь базовые знания работы с электрическими схемами для подключения датчиков на микропроцессор. Однако данная проблема решается наличием в сети большого количества пошаговых уроков и достаточно простым принципом применения, разработанным компанией Arduino.

Эксперименты студентов с подобными системами могут создать совершенно новые объекты с новым набором функций (яркий пример: стиральная машина, сигнализирующая в твиттер хозяина об окончании стирки), влияние которых студенты могут изучать с помощью данного принципа.

Применение: создание взаимосвязи объекта или 3D-модели с окружающей средой, изучение реакции людей на объекты, их форму, имитация реакции объекта на людей, имитация общения.

Примерами интерактивного принципа моделирования являются проекты «Vertical Lake» австралийской студии «Urban Art Projects» [13], «Kinetic Pavilion» дизайнеров Yannick Bontinckx и Elise Vanden Elsacker [14] и др.

Критерии выбора интерактивного принципа моделирования: объект проектирования обладает сценариями освещения, интерактивный по отношению к среде и человеку. По ТЗ провести исследование взаимодействия объект-человек-растение, обеспечить тестирование данного взаимодействия.

Апробация данного принципа моделирования происходила на основе создания авторского проекта системы ухода за растениями «ITWIG» (рис. 11, 12).

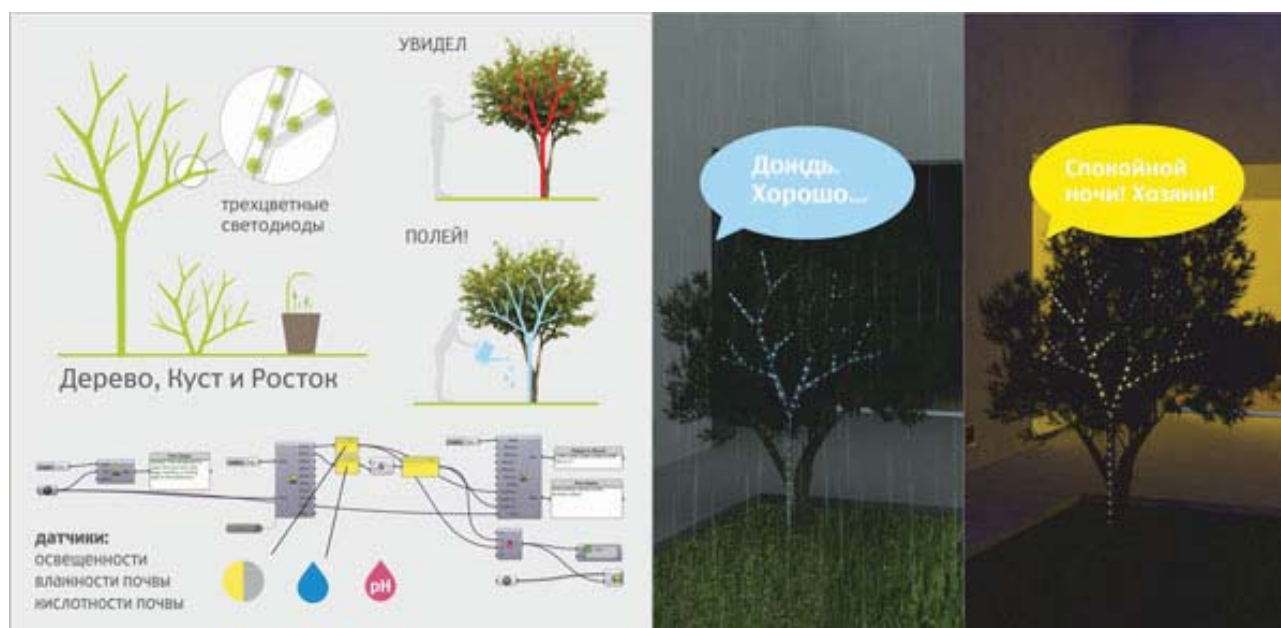


Рис. 11. Система ухода за растениями «Itwig» [5]

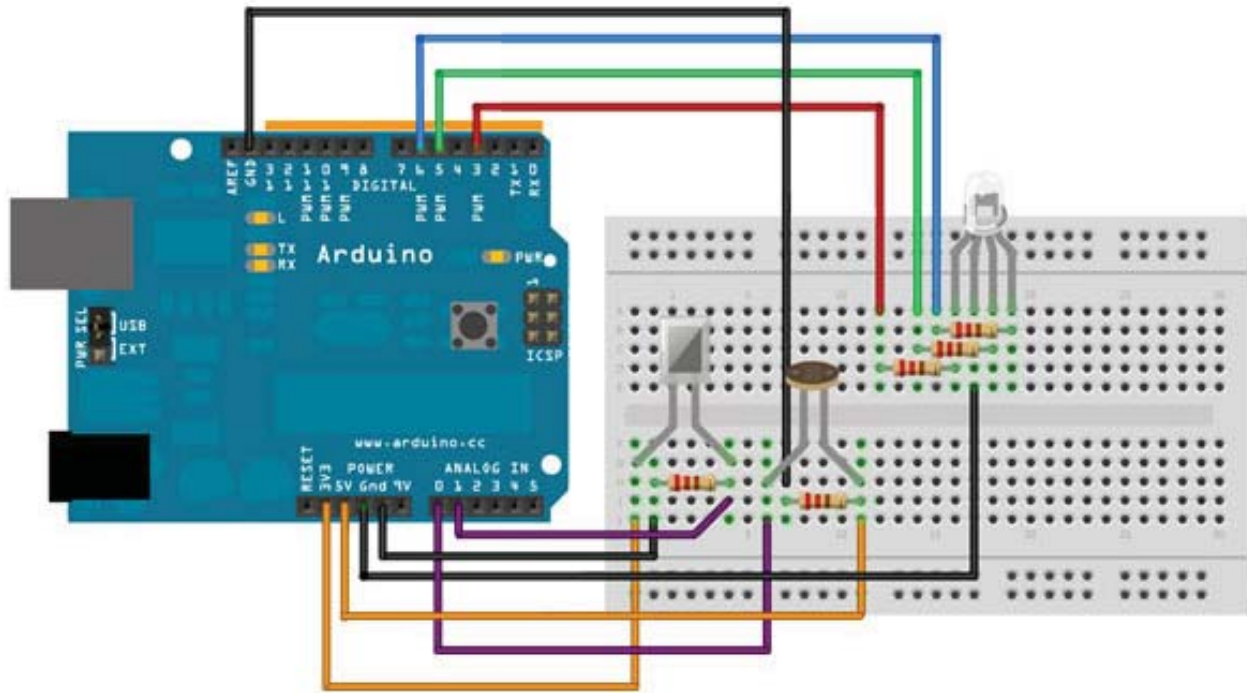


Рис. 12. Прототип

Заключение

Классифицировано современное электронное трехмерное моделирование по наличию истории построения объекта (параметрическое, непараметрическое, комбинированное) и по элементам построения модели (каркасное, полигональное, поверхностное, твердотельное, конечно-элементное, генеративное).

Разработаны четыре принципа современного трехмерного моделирования в промышленном дизайне: традиционный, инверсионный, генеративный, интерактивный.

Генеративный и интерактивный принципы моделирования имеют меньше этапов, сроки моделирования и позволяют моделировать максимально сложные формы объекта в отличие от традиционного и инверсионного принципов. При генеративном принципе моделирования можно оперировать отдельно геометрией и информацией о геометрии, последняя позволяет редактировать параметры формы объекта на любом временном этапе моделирования.

Классифицированы и дифференцированы полисоставные поверхности по визуальному качеству и выявлено три класса поверхностей «А», «В» и «С». Однако моделирование класса «А» доступно на сегодняшний день только для двух первых принципов.

В первых двух принципах базой (основой для моделирования) является геометрическое моделирование, во вторых двух – информационное моделирование. Это значит, что, к примеру, в генеративном принципе большую часть времени дизайнер работает не с кривыми и поверхностями как они есть, а с их системами компонентов, хранящими информацию о том или ином действии (изгибе, перемещении, положении в пространстве) и наборами входных и выходных данных (параметров). Более того, различия в принципах моделирования носят системный характер и затрагивают изменения во многих процессах проектирования (рис. 13).

Разработаны методические рекомендации: в ходе двухуровневого учебного процесса на уровне бакалавриата рекомендуется изучать традиционный и инверсионный принципы моделирования: 1 курс – каркасное моделирование; 2 курс – основы поверхностного и твердотельного моделирования; 3 курс – конечно-элементное моделирование; 4 курс – синтез видов моделирования. На уровне магистратуры, когда требуется развивать научное мышление, рекомендуется изучать два современных принципа моделирования: генеративный и интерактивный. Два современных принципа поможет магистранту чувствовать актуальные тенденции в теории моделирования,

Сравнение принципов	Традиционный Инверсионный	Интерактивный Генеративный
сбор информации, поиск проблемы	статистика розничных, оптовых продаж	статистика вводимых параметров объекта
сферы применения объекты	архитектура, любые объекты предметного мира	архитектура, мебель, павильоны, выставочные стенды, инсталляции, арт
формообразование	от самых простых до самых сложных, оболочковые и каркасные системы	многоструктурные, многочастные, фрактальные структуры
моделирование	геометрическое	информационное
взаимодействие с потребителем	визуальное сообщение	общение
процесс производства	традиционные технологии	посредством FabLab
процесс продажи	традиционно	гибко, с возможностью модификации формы
процесс потребления	использование	взаимодействие потребитель – создатель

Рис. 13. Схема сравнения разработанных принципов моделирования

а также позволит применять данные принципы для исследования разновариантных задач, когда требуется вынесение каких-либо параметров для последующего изменения исходных данных.

Традиционный и инверсионный принципы являются пропедевтическими и позволяют студентам изучить базовые знания о форме и моделировании формы, появляется пространственное трехмерное мышление для формообразования. Данные принципы подготавливают студента к работе на производстве и при поступлении в магистратуру дают базу для изучения двух последующих принципов. Применение двух последующих принципов позволяют студентам оперировать большим количеством данных при моделировании для решения теоретических и практических задач промышленного дизайна.

Библиография

1. Russo M. Polygonal Modeling: Basic and Advanced Techniques (Wordware Game and Graphics Library), 2005
2. Lombard M. Solid Works 2011 Bible.
3. Krüger R. Three Dimensional Finite Element Analysis of Multidirectional Composite DCB, SLB and ENF Specimens / R. Krüger // ISD-Report 1994. No.2
4. Khabazi M. Algorithmic modeling with Grasshopper, 2009, [online] Available at: <http://proquest.safaribooksonline.com/1587050773> [accessed 01/03/2012]
5. Basharova A. Bishenka design, [online] Режим доступа: <http://cargocollective.com/bishenka>, [accessed 01/03/2012].
6. DAVID Vision Systems GmbH. David 3.x user manual pages [online] Available at: http://www.david-laserscanner.com/wiki/david3_user_manual/overview [accessed 01/03/2012].
7. Shumacher P. Parametricism as Style - Parametricist Manifesto, 2008, [online] Available at: <http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20as%20Style.htm> [accessed 01/03/2012].
8. Brakke K. Triply Periodic Minimal Surfaces, 2000, [online] Available at: <http://www.susqu>.

edu/brakke/evolver/examples/periodic/periodic.html [accessed 01/03/2012].

9. Geenen B. Gaudi Stool [online] Available at: <http://www.studiogeenen.com/projects/> [accessed 01/03/2012].

10. Zaha Hadid Architects [online] Available at: <http://www.zaha-hadid.com> [accessed 01/03/2012].

11. Strelka. Institute for media, architecture and design. [online] Available at: <http://www.strelkainstitute.com> [accessed 01/03/2012].

12. Johnson J.K., Payne A. Firefly Primer – version 1.006, 2011, [online] Available at: <http://www.fireflyexperiments.com> [accessed 01/03/2012].

13. Zalek Y. Another Wave in the Wall: Vertical Lake Building Façade, 2010, [online] Available at: <http://weburbanist.com/2010/07/23/another-wave-in-the-wall-vertical-lake...> [accessed 01/03/2012].

14. Elsacker E., Bontinckx Y. Kinetic pavilion, 2011, <http://www.kineticpavilion.com> [accessed 01/03/2012].

15. Branchpoint project, 2010. [online] Available at: <http://branchpoint.ru> [accessed 01/03/2012].

Статья поступила в редакцию 15.08.2012

DESIGN

PRINCIPLES OF MODERN THREE-DIMENSIONAL MODELLING

Ivshin Konstantin S.

PhD (Engineering),

Udmurt State University, Izhevsk, Russia, e-mail: ivshic@mail.ru

Basharova Albina F.

Master's Degree student,

Udmurt State University, Izhevsk, Russia

Abstract

Modern electronic three-dimensional modelling has been classified by the availability of the history of construction of an object (parametric, nonparametric, combined) and by elements of construction of a model (framed, polygonal, superficial, solid-state, finite-element, generative).

Four principles of modern three-dimensional modelling in industrial design have been developed: traditional, inverse, generative, and interactive.

The generative and interactive modelling principles have fewer stages, allow the modelling time to be reduced and most complex forms to be modelled in contrast to traditional and inverse principles. With the generative modelling principle, it is possible to operate separately the geometry and information about the geometry, the latter making it possible to edit the parameters of the form of the object at any time during the modelling.

Polycompound surfaces have been classified and differentiated by visual quality, and three classes of surface have been identified: "A", "B" and "C". However, class A modelling is currently accessible to the two first principles only.

Guidelines have been developed, recommending that bachelor degree students study the traditional and inverse modelling principles: year 1 – framed modelling; year 2 – fundamentals of surface and solid-state modelling; year 3 – finite-element modelling; year 4 – synthesis of the types of modelling. At master's degree level, when the requirement is to develop scientific thinking, the recommendation is to study two modern principles of modelling: generative and interactive.

Key words

industrial design, electronic modelling, three-dimensional modelling