

УДК 62:7.05+658.512

## ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ И АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ

**Бессарабова Е.В.**

*ФГАОУВО «Севастопольский национальный технический университет»,  
Севастополь, e-mail: b3173103@trbvn.com*

Цель исследования – систематизация процесса создания трехмерной твердотельной, каркасной модели, плоского чертежа по готовой трехмерной модели, основанная на принципах моделирования и основных задачах, которые стоят перед дизайнером и инженером-конструктором. Рассмотрены основные принципы построения трехмерных моделей. Один из них основан на создании объемного объекта по выполненным эскизам, второй в противовес первому способу основывается на уже готовых снятых данных с готового объекта при помощи трехмерного сканирования. Также рассмотрены другие менее используемые способы геометрического моделирования, такие как генеративное моделирование. Рассмотрены дальнейшие возможности развития моделирования с учетом мнения потребителей на различных этапах моделирования объекта. Выявлены пути развития сложившейся ситуации. Сделано прогностическое исследование ситуации.

**Ключевые слова:** моделирование, прототипирование, модель, генеративное, параметрическое моделирование

## METHOD INDUSTRIAL THREE-DIMENSIONAL MODELING AND ARCHITECTURAL SITES

**Bessarabova E.V.**

*Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education  
Sevastopol National Technical University, Sevastopol, e-mail: b3173103@trbvn.com*

The purpose of the study – the systematization of the process of creating three-dimensional solid, wireframe, flat drawing for the final three-dimensional model based on the principles of modeling and fundamental problems facing the designer and engineer designer. The basic principles of three-dimensional models. One of which is to generate three-dimensional object made according to the sketches, in contrast to the second method is based on the first ready-ready data captured object using the three-dimensional scanning. Also considered other less used geometric modeling methods, such as generative modeling. Consider further simulation development opportunities taking into account the views of consumers on different stages of object modeling. The ways of development of the situation. Made prognostic study of the situation.

**Keywords:** simulation, prototyping, model, generative, parametric modeling

Современный уровень развития производства обуславливает темпы создания новых объектов дизайна, высокий уровень требуемого качества, минимизацию времени, отпущенного на проектирование дизайнерского объекта. Также существенными проблемами при проектировании и дальнейшем конструировании сложного по своей форме и структуре объекта дизайна являются:

- создание геометрически сложной формы независимо от формы представления;
- создание чертежа по созданной трехмерной твердотельной модели.

К сложным объектам дизайна относятся:

- объекты со сложной геометрией поверхности;

- объекты, состоящие из нескольких компонентов;

- форма внешнего контура, заключающая в себе сплайны.

Проектируя такие объекты, сложно создать как саму трехмерную модель, так и ее чертеж, необходимый на стадии создания макета объекта с последующим запуском производства.

Моделируя объект, необходимо понять, какой тип элементов в построении будет использован. Возможны следующие варианты элементов и соответствующая модель:

- полигон, кривая – полигональная модель;

- точка и линия – каркасная модель;

- точка, линия, поверхность – поверхностная модель;

- тело сплошное – твердотельная модель;

- узел, конечный элемент, сетка – конечно-элементная модель;

- связанные между собой компоненты – генеративная модель.

В зависимости от того, какая должна быть получена модель, выбирается используемый САПР или программная система. Для увеличения продуктивности, снижения временных затрат целесообразно применять тот или иной программный продукт, в зависимости от того, какова конечная цель создания того или иного объекта. Данные проблемы позволяют решить междисциплинарный подход к использованию программных продуктов.

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

Для создания моделей и макетов существует большое количество технологий. На выбор технологии изготовления той или иной модели влияет доступность материалов, инструментов и оборудования, необходимое количество экземпляров, требуемое качество готового изделия. В настоящее время, в связи с развитием программ трехмерного моделирования, внедрением в производство станков ЧПУ, значительно расширились возможности моделирования. Создание макетов зданий и архитектурных сооружений, элементы декора интерьеров, прототипы корпусных изделий, новые дизайнерские решения могут быть преобразованы из цифровой 3D модели в модель физическую посредством 3D печати. Проектирование строительных изделий на первом курсе – это хороший способ для изучения основ строительства, чтения строительных чертежей, выполнения соединений элементов, с одной стороны, а с другой – это прекрасная возможность изучения проектной документации, правил ее составления и оформления в соответствии со стандартами ЕСКД, ознакомление с основами геометрического моделирования. В качестве альтернативных графических заданий приняты к выполнению плоские элементы заготовок моделей, прорисовка которых в режиме 2D требует от исполнителя знаний и навыков, приобретаемых в результате изучения геометрического черчения. В работе приводятся примеры разработанных заданий. Следу-

ющий этап – трехмерное моделирование, современный и необходимый компонент проектирования. Созданные простейшие модели строительных изделий служат наглядным примером для ознакомления с технологией MinD – (технология интеллектуального строительного проектирования).

С появлением условно-бесплатных 3D сканеров, недорогих 3D принтеров реализация приведенных ниже принципов стала возможной не только в дорогостоящих дизайн-студиях, но и для частных дизайнеров, студентов 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.

**Задача № 1.** Создание трехмерной твердотельной (каркасной) модели. Традиционный подход. Заключается в том, что дизайнер создает трехмерную модель по уже существующим чертежам, эскизам, наброскам, прототипам.

При решении такой задачи все, что необходимо пользователю системного программного продукта, – это, используя имеющиеся в распоряжении инструменты, создать сначала поверхностную модель, затем, придавая определенную толщину элементам, преобразовать ее в твердотельную. Некоторые случаи предполагают сразу создание твердотельной модели с дальнейшим применением операций, таких как Вычитание, Выдавливание и пр. На данном этапе проектируются все составляющие конструкцию элементы, которые необходимо добавить к уже имеющейся модели. Затем переходят к прототипированию по созданному объекту.

Данный подход используется при моделировании как простых, так и сложных по своей геометрической форме объектов. Применяется при моделировании концептов автомобилей, яхт, других средств передвижения, различных объектов промышленного дизайна.

**Задача № 1.** Создание трехмерной твердотельной (каркасной) модели. Традиционный подход. Второй этап. Создание готового чертежа по имеющейся трехмерной твердотельной модели.

Как правило, трехмерная твердотельная модель необходима для презентации, подготовки портфолио, для демонстрации заказчику. Но после ее разработки следует второй шаг – создание рабочего чертежа. Самым оптимальным вариантом является формирование чертежа по готовой модели. Это позволит максимально точно сохранить все параметры объекта. Для данного этапа подходят не все программные продукты. Оптимальными будут различные САПРы, например такие, как SolidWorks, Inventor, CATIA.

На данном этапе возникает антагонизм между дизайнером и инженером, проектировщиком. Суть данного конфликта заключается в следующем – дизайнеры, как правило, используют пакеты 3D-дизайна, тогда как инженеры – пакеты САПР. Для того чтобы преодолеть такое противоречие, следует либо использовать совместимые компьютерные графические программы, либо в определенных случаях использовать оптимальные САПРы, подходящие как дизайнерам, так и инженерам. И тот и другой

способы использования графических пакетов имеют право на существование и использование, разница заключается лишь в целесообразности выбора того или иного САПРа [5], времени на изготовление модели и чертежей по ним и трудозатрат на данные операции.

Второй этап при решении задачи № 1 особенно актуален при создании плоских чертежей объектов, имеющих достаточно сложную геометрическую форму поверхностей, так как это обеспечивает точнейшую передачу идеи геометрической реализации.

Так на рис. 1 представлены: трехмерная модель объекта и его плоский чертеж [2] (без размеров).

На рис. 2 представлен инженерный объект: трехмерная модель 2а и плоский чертеж 2б.

**Задача № 2.** Создание трехмерной модели по готовому объекту. Инверсионная задача. При решении такой задачи последовательность действий несколько изменена. Создаваемая модель базируется на данных, полученных при трехмерном сканировании уже существующего объекта. После получения данных трехмерного моделирования получают максимально точные данные о поверхности.

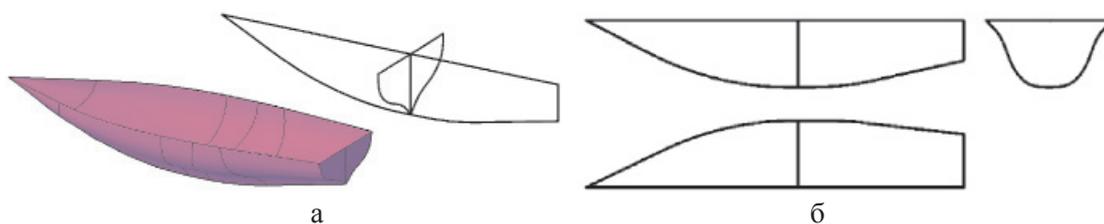


Рис. 1. Трехмерная модель и плоский чертеж корпуса лодки

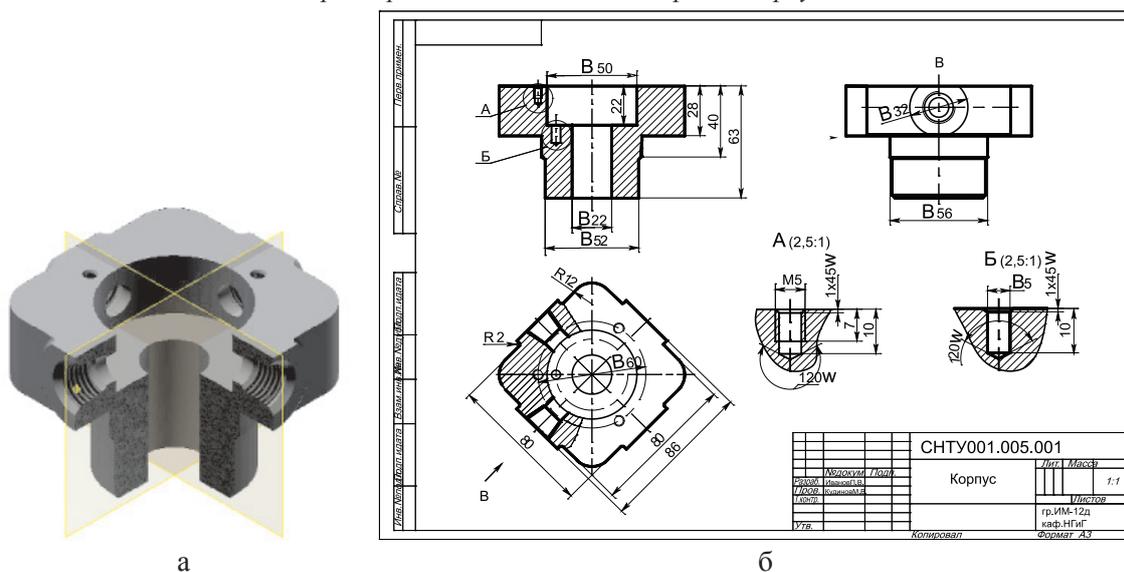


Рис. 2. Трехмерная модель и плоский чертеж детали типа Корпус

Недостаток данного способа – отсутствие полностью творческого подхода к проектированию объекта, так как форма, геометрия целого и составных частей создаваемого объекта основывается на существующем объекте. А результат такой работы – объект, обладающий формой, полностью скопированной либо частично трансформируемой.

В настоящее время интерактивная 3D-визуализация техногенных объектов по геопространственным данным является довольно сложной задачей, решение которой требует комплексного подхода. Использование web-технологий позволило бы организовать процесс интерактивной 3D-визуализации техногенных объектов в режиме on-line. Для организации динамики на web-ресурсах используют прототипно-ориентированный сценарный язык программирования JavaScript, который обычно используется как встраиваемый язык для программного доступа к объектам приложений.

Одной из библиотек JavaScript является библиотека WebGL, предназначенная для отображения интерактивной 2D- и 3D-графики в веб-браузерах. Вся работа веб-приложений с использованием WebGL основана на коде JavaScript.

Отдельные блоки программного кода, называемые шейдерами, могут выполняться непосредственно на графических процессорах на видеокартах, благодаря чему можно увеличить быстродействие отрисовки объ-

екта. Таким образом, для создания приложений разработчики могут использовать стандартные для web-среды технологии HTML/CSS/JavaScript, применяя аппаратное ускорение графики. Веб-приложения, построенные с использованием данной платформы, будут доступны в любой точке планеты при наличии сети интернет вне зависимости от используемой платформы и устройства. Главным ограничением является поддержка браузером технологии WebGL. Для автоматизации процесса интерактивной визуализации на основе геопространственных данных о техногенном объекте возможно использование пакета JavaScript-библиотек WebGL без включения в процесс стороннего программного обеспечения. В процессе работы был сформирован программный код.

**Задача № 3.** Создание сложного объекта, в основе которого лежат сложно разчлененная структура, структура, меняющаяся в пространстве и времени, фрактальная структура. Генеративное моделирование.

Основывается генеративное моделирование на генеративном принципе [1], сочетающем в себе геометрическое и информационное моделирование. Зачастую генеративные модели называют алгоритмическими, так как в основе их лежит определенная последовательность действий, приводящая к появлению новой структуры. Контролировать такой процесс, в отличие от параметрического

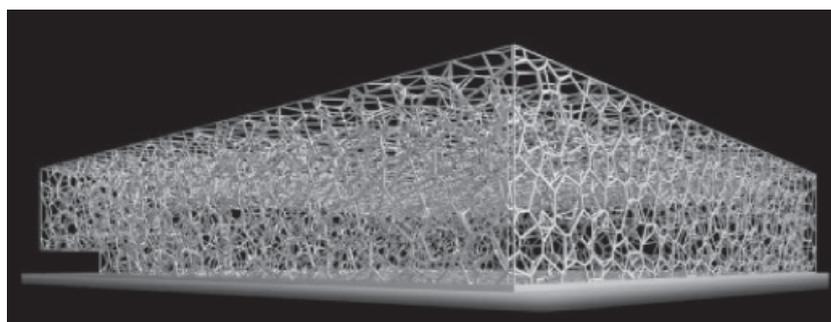


Рис. 3. Здание WaterCube в Пекине

моделирования представляется весьма сложным [4]. То есть внутри генеративного процесса есть определенный закон, по которому растет и развивается определенная заданная структура. Тогда как в противовес генеративной модели в параметрической модели лежит неизменяемый топологический эскиз, набросок, чертеж, либо за основу модели берется множество, полученное 3D сканированием.

Пример такой генеративной структуры [3] представлен на рис. 3 – здание WaterCube в Пекине.

### Выводы

Первые две задачи являются наиболее понятными и «классическими». Их решение – традиционно и заключается в построении трехмерной твердотельной или каркасной модели, а также создании, при необходимости, плоского чертежа по данной модели. Эти две задачи могут быть реализованы в результате сканирования и дальнейшего преобразования готовой трехмерной модели. Третья задача служит для построения более сложных моделей, включающих в себя сложноструктурированные и разбитые на части объекты. Каждая из данных задач и способов ее ре-

шения имеет место для развития, а именно дальнейшим перспективным направлением разработок и исследований в области трехмерного моделирования является изучение мнения воспринимающих объект потребителей о его качествах на различных стадиях создания модели.

### Список литературы

1. Аведьян А. 3D-дизайн и гибридное параметрическое моделирование // САПР и графика. – 2003. – № 10. – URL: <http://www.sapr.ru/article.aspx?id=8061&iid=325>.
2. Бессарабова Е.В., Смагин В.В. Использование САПР для визуализации решения ряда инженерных задач // Инновации в науке. – 2015. – № 9 (46). – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-sapr-dlya-vizualizatsii-resheniya-ryada-inzhenernyh-zadach> (дата обращения: 06.01.2016).
3. Бессарабова Е.В., Смагин В.В., Андреева О.Ю. Геометрия природных оболочек, используемая при моделировании объектов дизайна и архитектуры // European science. – 2015. – № 8 (9). – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/geometriya-prirodnih-obolochek-ispolzuemaya-pri-modelirovanii-obektov-dizayna-i-arhitektury> (дата обращения: 06.01.2016).
4. Ившин К.С. Принципы современного трехмерного моделирования в промышленном дизайне // Архитектон: известия вузов. – Сентябрь 2012. – № 39. – URL: [http://archvuz.ru/2012\\_3/11](http://archvuz.ru/2012_3/11).
5. Серавкин А. AutoDESK INVENTOR 11. Высококачественное моделирование сложных поверхностей и тел // САПР и графика. – 2006. – № 11. – URL: <http://www.sapr.ru/article.aspx?id=16903&iid=782>.