**Глава 1. Моделирование**

**1.1. Основные термины и понятия.**

**Трёхмерная графика** (**3D** (от англ. *3 Dimensions* – рус. *3 измерения*) **Graphics**, [Три измерения](https://academic.ru/dic.nsf/ruwiki/692017) изображения) - раздел [компьютерной графики](https://academic.ru/dic.nsf/ruwiki/25132), совокупность приемов и инструментов (как [программных](https://academic.ru/dic.nsf/ruwiki/3647), так и [аппаратных](https://academic.ru/dic.nsf/ruwiki/18365)), предназначенных для изображения [объёмных](https://academic.ru/dic.nsf/ruwiki/16334) объектов.

Под приемами стоит понимать способы формирования трехмерного графического объекта - расчет его параметров, черчение «скелета» или объемной не детализированной формы; выдавливание, наращивание и вырезание деталей и т.д. Под инструментами - профессиональные программы для 3D-моделирования.

Трёхмерное изображение на плоскости имеет свое принципиальное отличие от двухмерного. Оно заключается в необходимости построения [геометрической проекции](https://academic.ru/dic.nsf/ruwiki/32011) трёхмерной модели *сцены* на [плоскость](https://academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1395767) (например, экран [компьютера](https://academic.ru/dic.nsf/ruwiki/616)) с помощью специализированных программ. В настоящее время, благодаря появлению [3D-дисплеев](https://academic.ru/dic.nsf/ruwiki/320994) и [3D-принтеров](https://academic.ru/dic.nsf/ruwiki/321788), трёхмерная графика может не всегда подразумевать и использовать проецирование на плоскость.

Для создания трехмерного изображения используются различные компьютерные программы, которые принято называть CAD системы.

**CAD системы** - означает компьютерную поддержку проектирования (сomputer-aided design). Программы с пакетом модулей для создания трехмерных объектов с детализацией их особенностей и возможностью получения полного комплекта конструкторско-проектной документации.

Сведения из [CAD](http://www.tadviser.ru/index.php/CAD)-систем поступают в [CAM](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:CAM). Для различных отраслей производства могут использоваться САМ системы и САЕ системы.

**CAM системы** - переводится как компьютерная поддержка производства (computer-aided manufacturing). Прикладные программы для реализации проектов. С их помощью прописывают алгоритм работы станков с ЧПУ. В качестве основы используется трехмерная модель, сделанная по стандартам CAD.

**CAE системы** - класс продуктов для компьютерной поддержки расчетов и инженерного анализа (computer-aided engineering). Появление возможности создавать твердотельную модель требовала детального ее описания, прогнозирование эксплуатационных нагрузок, включая воздействие температуры, сопротивления среды.

**Система автоматизированного проектирования** **(САПР)** - [автоматизированная система](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F), реализующая [информационную технологию](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8) выполнения функций проектирования, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности.

Следует заметить, что английский термин «CAD» по отношению к промышленным системам имеет более узкое толкование, чем русский термин «САПР», поскольку в понятие «САПР», входит и [CAD](http://www.tadviser.ru/index.php/CAD), и [CAM](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:CAM), и [CAE](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:CAE). Среди всех информационных технологий автоматизация проектирования занимает особое место. Прежде всего, автоматизация проектирования - это дисциплина синтетическая, так как в ее состав входят различные современные информационные технологии. Так, например, техническое обеспечение САПР базируется на эксплуатации вычислительных сетей и телекоммуникационных технологий, также САПР практикует использование персональных компьютеров и рабочих станций. Говоря о математическом обеспечении САПР, следует отметить разнообразие используемых методов: вычислительной математики, математического программирования, статистики, дискретной математики, искусственного интеллекта. Программные комплексы САПР можно сравнить с одними из самых сложных современных программных систем, в основе которых лежат такие операционные системы как [Windows](http://www.tadviser.ru/index.php/Windows), [Unix](http://www.tadviser.ru/index.php/Unix), и такие языки программирования как [С](http://www.tadviser.ru/index.php?title=%D0%A1&action=edit&redlink=1), [С++](http://www.tadviser.ru/index.php?title=%D0%A1%2B%2B&action=edit&redlink=1) и [Java](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:Java), а также современные [CASE](http://www.tadviser.ru/index.php?title=CASE&action=edit&redlink=1)-технологии. Практически каждый инженер-разработчик должен обладать знаниями основ автоматизации проектирования и уметь работать со средствами САПР. Поскольку все проектные подразделения, офисы и конструкторские бюро оснащены компьютерами, работа конструктора таким инструментом как обычный кульман или расчеты с помощью логарифмической линейки стали неактуальны. Следовательно, предприятия, работающие без САПР или использующие ее в малой степени, становятся неконкурентоспособными, поскольку тратят на проектирование значительно больше времени и финансовых средств.

**1.2. Этапы 3D-Моделирования**

Весь объем работ, необходимый для получения трёхмерного изображения на плоскости, принято делить на следующие этапы:

1. **моделирование** - создание трёхмерной математической модели сцены и объектов в ней
2. **текстурирование** - назначение поверхностям моделей растровых или процедурных текстур (подразумевает также настройку свойств материалов - прозрачность, отражения, шероховатость и пр.)
3. **освещение** - установка и настройка источников света
4. [**анимация**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F) - (в некоторых случаях) - придание движения объектам и **динамическая симуляция** (в некоторых случаях) - автоматический расчёт взаимодействия частиц, твёрдых/мягких тел и пр. с моделируемыми силами [гравитации](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F), [ветра](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80), [выталкивания](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D1%81%D0%B8%D0%BB%D0%B0) и др., а также друг с другом; Дополнительные эффекты (объекты, имитирующие [атмосферные явления](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%8F%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F): свет в тумане, облака, пламя и пр.)
5. [**рендеринг**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B3)(визуализация) - построение [проекции](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F_(%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F)) в соответствии с выбранной физической моделью
6. **композитинг** (компоновка) - доработка изображения

**Моделирование**

Речь идет о создании трехмерной геометрической модели, без учета физических свойств объекта.

**Полигональное моделирование**.

Основной процесс моделирования представляет собой соединение наборов точек с линиями и полигональными фигурами для создания каркасных моделей.

Все виртуальные миры и персонажи созданы с помощью одного и того же принципа - полигонального моделирования.

**Промышленное проектирование**

Конечно, используя полигональное моделирование, можно построить все эти восстанавливающие и усиливающие элементы, но невозможно контролировать необходимые зазоры, сечения, учесть физические свойства материала и технологию изготовления (особенно плечевого сустава). Для таких изделий применяются методы промышленного проектирования.

По правильному они называются: **САПР (Система Автоматизированного ПРоектирования)** или по-английски **CAD (Computer-Aided Design)**. Это принципиально другой тип моделирования. Чем этот метод отличается от полигонального? Тем, что тут нет никаких полигонов. Все формы являются цельными и строятся по принципу **профиль + направление.**

Базовым типом является твердотельное моделирование. Из названия можно понять, что, если мы разрежем тело, внутри оно не будет пустым. Твердотельное моделирование есть в любой CAD-системе. Оно отлично подходит для проектирования рам, шестеренок, двигателей, зданий, самолётов, автомобилей, да и всего, что получается путем промышленного производства. Но в нем (в отличие от полигонального моделирования) нельзя сделать модель пакета с продуктами из супермаркета, копию соседской собаки или скомканные вещи на стуле.

Цель этого метода - получить не только визуальный образ, но также измеримую и рабочую информацию о будущем изделий.

**Сплайновое моделирование**

Несмотря на то, что полигональное моделирование считается самым распространённым способом построения 3D объектов, но это не единственный метод, используемый в создании трёхмерных изображений. Так, например: при проектировании объектов животного мира или растений, лучше всего использовать сплайновое моделирование.

**Сплайновое моделирование** - создание объёмных фигур, с применением специального лекала (сплайнов). Сплайнами могут быть кривые, имеющие любую геометрическую форму: дуги, окружности, прямоугольники и т.п. Каркас, служит основой для создания огибающей поверхности. Метод позволяет создавать модели, с высокой степенью детализации, при этом, поверхность становится боле гладкой. В отличие от полигонов, сплайновое моделирование не требует больших затрат энергии, необходимой для обработки информации. Поэтому, этот способ, часто используют при создании, сложных объектов. Всегда есть возможность вернуться к исходному состоянию.

**Текстурирование**

Завершив создание трехмерных объектов, нужно приступать к следующему ответственному этапу работы над проектом - текстурированию. Любые объекты, которые нас окружают в реальной жизни, имеют свой характерный рисунок, по которому мы можем безошибочно узнать объект. Подобная идентификация происходит на подсознательном уровне.

Материалы, которые имитируются в трехмерной графике, могут быть самыми разнообразными: металл, дерево, пластик, стекло, камень и многое другое. При этом каждый материал определяется большим количеством свойств (рельеф поверхности, зеркальность, рисунок, размер блика и т. д.). Для описания характеристик материала используются числовые значения параметров (процент прозрачности, размер блика и др.).

**Освещение**

Один из самых сложных этапов при создании 3D-модели. Ведь именно от выбора тона света, уровня яркости, резкости и глубины теней напрямую зависит реалистичное восприятие изображения. Кроме того, необходимо выбрать точку наблюдения за объектом. Это может быть вид с высоты птичьего полета или масштабирование пространства с достижением эффекта присутствия в нем - путем выбора вида на объект с высоты человеческого роста.

Этот этап заключается в создании, направлении и настройке виртуальных источников света. При этом в виртуальном мире источники света могут иметь негативную интенсивность, отбирая свет из зоны своего «отрицательного освещения».

**Анимация**

Одно из главных призваний трёхмерной графики - придание движения ([анимация](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F)) трёхмерной модели, либо имитация движения среди трёхмерных объектов. Универсальные пакеты трёхмерной графики обладают весьма богатыми возможностями по созданию анимации.

Первое с чего хотелось бы начать, так это объяснить, что же такое анимация в трехмерной графике и в чем ее главное отличие от классической (двумерной) анимации. Анимация в трехмерной компьютерной графике - это процесс изменения свойств (параметров) трехмерного объекта с течением времени.

В 3D анимации нам требуется задать, так называемые, ключевые кадры, а все остальные кадры анимации программа рассчитает (интерполирует) сама. На самом деле процесс анимации не так прост, как это ошибочно может показаться. Пожалуй, именно по этой причине, профессия аниматора в области трехмерной компьютерной графики является одной из самых высокооплачиваемых профессий в индустрии, а настоящих профессионалов не так уж и много.

**Рендеринг**

**Ре́ндеринг** (англ. rendering - «визуализация») - в компьютерной графике - процесс получения изображения по модели с помощью компьютерной программы. Здесь модель - это описание любых объектов или явлений на строго определённом языке или в виде структуры данных. Такое описание может содержать геометрические данные, положение точки наблюдателя, информацию об освещении, степени наличия какого-то вещества, напряжённость физического поля и пр.

Примером визуализации могут служить радарные космические снимки, представляющие в виде изображения данные, полученные посредством радиолокационного сканирования поверхности космического тела, в диапазоне электромагнитных волн, невидимых человеческим глазом.

Часто в компьютерной графике (художественной и технической) под рендерингом понимают создание плоского изображения (картинки) по разработанной 3D-сцене. Изображение - это двухмерное растровое изображение. По своей сути, это максимально реалистичное изображение объемного графического объекта. Синонимом в данном контексте является визуализация.

**Композитинг**

**Цифровой композитинг** - совмещение двух и более изображений, полученных в разное время или в разных местах, в одном кадре. Кроме оригинальных изображений, снятых камерой, при композитинге могут добавляться [CGI графика](https://ru.wikipedia.org/wiki/CGI_(%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0)), синтезированная [компьютером](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80) и текстовое оформление. На этой же стадии видеопроизводства происходит удаление ненужных деталей и объединение разных слоёв компьютерной анимации. Применяется в [телевизионном](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) и [кинопроизводстве](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B8%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE) для создания изображений предметов и событий, не существующих в реальности, а также для трансформации изображения с целью повышения выразительности. Часто понятие композитинга включает также цветокоррекцию и настройку параметров изображения. В современном кинематографе понятие относится главным образом к цифровой постобработке снятого изображения.

Главная задача, которую выполняет композитинг - это заставить зрителя поверить в то, что все, что он видит на экране, является частью одной целой картинки.

**1.3 Программное обеспечение для моделирования**

Пионером отрасли полигонального моделирования является компания Autodesk (известная многим по своему продукту AutoCAD). Продукты **Autodesk 3Ds Max**, и **Autodesk Maya**, де-факто стали стандартом отрасли.

**Программы для моделирования**

Наиболее популярными пакетами сугубо для моделирования являются:

* Pixologic [Zbrush](https://ru.wikipedia.org/wiki/Zbrush);
* Autodesk [Mudbox](https://ru.wikipedia.org/wiki/Mudbox), [Autodesk 3D max](https://ru.wikipedia.org/wiki/Autodesk_3ds_Max);
* Robert McNeel & Assoc. [Rhinoceros 3D](https://ru.wikipedia.org/wiki/Rhinoceros_3D);
* Trimble [SketchUp](https://ru.wikipedia.org/wiki/SketchUp).
* [Blender](https://ru.wikipedia.org/wiki/Blender)
* [Компас (САПР)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D1%81_(%D0%A1%D0%90%D0%9F%D0%A0))

Программные пакеты, позволяющие создавать трёхмерную графику, то есть моделировать объекты виртуальной реальности и создавать на основе этих моделей изображения, очень разнообразны. Последние годы устойчивыми лидерами в этой области являются коммерческие продукты, такие, как:

* Google SketchUp.
* Autodesk 3ds Max
* Autodesk Maya
* Autodesk Softimage
* Blender
* Cinema 4D
* Houdini
* Modo
* LightWave 3D
* Caligari Truespace
* Rhinoceros 3D, Nevercenter Silo и Zbrush (новые)
* Blender

**SketchUp** - бесплатная программа SketchUp компании Google позволяет создавать модели, совместимые с географическими ландшафтами ресурса Google Планета Земля, а также просматривать в интерактивном режиме на компьютере пользователя несколько тысяч архитектурных моделей, которые выложены на бесплатном постоянно пополняемом ресурсе Google Cities in Development (выдающиеся здания мира), созданные сообществом пользователей.

**Blender** - свободный, профессиональный пакет для создания трёхмерной компьютерной графики, включающий в себя средства моделирования, анимации, рендеринга, постобработки и монтажа видео со звуком, компоновки с помощью «узлов» (Node Compositing), а также для создания интерактивных игр. В настоящее время пользуется наибольшей популярностью среди бесплатных 3D редакторов в связи с его быстрым и стабильным развитием, которому способствует профессиональная команда разработчиков.

**Программы для текстурирования**

Для текстурирования, как правило, используются многофункциональные редакторы UV-координат входят в состав универсальных пакетов трехмерной графики. Существуют также автономные и подключаемые редакторы от независимых разработчиков, например Unfold3D magic, Deep UV, Unwrella и др.

**Программы для рендеринга**

Наиболее популярными системами рендеринга являются:

* PhotoRealistic [RenderMan](https://ru.wikipedia.org/wiki/RenderMan) (PRMan)
* [Mental ray](https://ru.wikipedia.org/wiki/Mental_ray)
* [V-Ray](https://ru.wikipedia.org/wiki/V-Ray)
* [CoronaRenderer](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=CoronaRenderer&action=edit&redlink=1)
* [Arnold Render](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Arnold_Render&action=edit&redlink=1)
* [FinalRender](https://ru.wikipedia.org/wiki/FinalRender)
* [Brazil R/S](https://ru.wikipedia.org/wiki/Brazil_R/S)
* [BusyRay](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=BusyRay&action=edit&redlink=1)
* [Turtle](https://ru.wikipedia.org/wiki/Turtle)
* [Maxwell Render](https://ru.wikipedia.org/wiki/Maxwell_Render)
* [Fryrender](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Fryrender&action=edit&redlink=1)
* [Indigo Renderer](https://ru.wikipedia.org/wiki/Indigo_Renderer)
* [LuxRender](https://ru.wikipedia.org/wiki/LuxRender)
* [YafaRay](https://ru.wikipedia.org/wiki/YafaRay)
* [POV-Ray](https://ru.wikipedia.org/wiki/POV-Ray)

Вследствие большого объёма однотипных вычислений рендеринг можно разбивать на потоки (распараллеливать). Поэтому для рендеринга весьма актуально использование [многопроцессорных](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) систем. В последнее время активно ведётся разработка систем рендеринга, использующих [GPU](https://ru.wikipedia.org/wiki/GPU) вместо [CPU](https://ru.wikipedia.org/wiki/CPU), и уже сегодня их эффективность для таких вычислений намного выше. К таким системам относятся:

* Refractive Software [Octane Render](https://ru.wikipedia.org/wiki/Octane_Render)
* AAA studio [FurryBall](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=FurryBall&action=edit&redlink=1)
* RandomControl [ARION](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ARION&action=edit&redlink=1) (гибридная)
* Cycles
* V-Ray GPU Next
* [LuxRender](https://ru.wikipedia.org/wiki/LuxRender)
* Iray

Многие производители систем рендеринга для [CPU](https://ru.wikipedia.org/wiki/CPU) также планируют ввести поддержку [GPU](https://ru.wikipedia.org/wiki/GPU) (LuxRender, YafaRay, mental images iray).

**Программы для композитинга**

Наиболее популярными системами композитинга являются:

* [The Foundry Nuke](https://ru.wikipedia.org/wiki/Nuke)
* [Natron](https://ru.wikipedia.org/wiki/Natron_(%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0))
* [Blackmagic Fusion](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Blackmagic_Fusion&action=edit&redlink=1)
* [Apple Shake](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Apple_Shake&action=edit&redlink=1)
* [Adobe After Effects](https://ru.wikipedia.org/wiki/Adobe_After_Effects)
* [Autodesk Toxik](https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Toxik)
* [Autodesk Flint, Flame & Inferno](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Autodesk_Flint,_Flame_%26_Inferno&action=edit&redlink=1)
* [Apple Motion](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Apple_Motion&action=edit&redlink=1)
* [Blender](https://ru.wikipedia.org/wiki/Blender)

Все представленные на рынке пакеты, занимающиеся цифровым композитингом, имеют примерно одинаковый инструментарий и возможности.

**Моделирование деталей и механизмов**

Существуют конструкторские пакеты [CAD](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%90%D0%9F%D0%A0)/[CAE](https://ru.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_engineering)/[CAM](https://ru.wikipedia.org/wiki/CAM), предполагающие создание моделей деталей и конструкций, их расчёт и последующее формирование программ для [станков ЧПУ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%9F%D0%A3) и [3D-принтеров](https://ru.wikipedia.org/wiki/3D-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80).

Такие пакеты даже не всегда дают пользователю оперировать 3D-моделью напрямую, например, есть пакет [OpenSCAD](https://ru.wikipedia.org/wiki/OpenSCAD), модель в котором формируется выполнением формируемого пользователем скрипта, написанного на специализированном языке.