

А. П. РАКОВ

## ТЕХНОЛОГИИ ТРЁХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОМ ДИЗАЙНЕ

### THREE-DIMENSIONAL MODELING TECHNOLOGIES IN INDUSTRIAL DESIGN

*В настоящее время специалисты, использующие в своей работе навыки рисования, черчения, моделирования и лепки, в значительной степени стали использовать возможности компьютерной техники и программного обеспечения. Работа с цифровыми моделями и технологии трёхмерного моделирования входят и в компетенции промышленного дизайнера. В данной статье предпринимается попытка сделать выборку компьютерных программ, которые используют в своей работе промышленные дизайнеры, и классифицировать возможности этого программного обеспечения по его функциональному назначению. Очевидно, что все перечисленные в статье технологии трёхмерного моделирования очень важны для специалистов, занятых вопросами технической эстетики, художественного конструирования, визуализации, макетирования и изготовления прототипов вещей.*

**Ключевые слова:** промышленный дизайн, программное обеспечение, трёхмерное моделирование

Рынок программного обеспечения огромен, и новые программные продукты появляются очень часто. Даже простое перечисление названий программного обеспечения едва ли сможет уместиться на одной странице машинописного текста.

Вместо того чтобы перечислять программные продукты, лучше перечислить возможности этих компьютерных программ, из которых складывается тот или иной продукт. Тем более что в последнее время можно наблюдать взаимную интеграцию различных продуктов, которая связана с появлением одних и тех же возможностей в разных программных продуктах.

Итак, весь спектр возможностей, а точнее технологий программного обеспечения, которые используют промышленные дизайнеры для построения трёхмерных моделей, классифицируются на несколько условно самостоятельных групп:

**1. Единицы измерения.** Настройка единиц измерения – это одна из основных возможностей любой программы для трёхмерного моделирования. Все профессиональные программные продукты имеют гибкую и широкую систему настройки единиц измерения. Обычно

*Currently, specialists who use the skills of drawing, drawing, modeling and modeling in their work have largely begun to use the capabilities of computer technology and software. Working with digital models and three-dimensional modeling technologies are also within the competence of an industrial designer. This article attempts to make a selection of computer programs that are used in their work by industrial designers and classify the capabilities of this software according to its functional purpose. It is obvious that all the technologies of three-dimensional modeling listed in the article are very important for specialists engaged in technical aesthetics, artistic design, visualization, prototyping and prototyping of things.*

**Keywords:** Industrial design, software, three-dimensional modeling

пользователь сталкивается с четырьмя группами настроек – это линейные единицы измерения, угловые единицы, настройки шкалы времени и настройки массы объектов.

В линейных единицах измерения нередко встречаются не только привычные нам микроны, миллиметры, метры, футы и дюймы, но и нанометры и даже парсеки. Линейными единицами измерения, например, определяются размеры создаваемых объектов и дистанции между ними.

Угловые единицы измерения – это не только привычные нам градусы, но минуты, секунды, радианы. Например, угловые единицы измерения помогают определить угол поворота объекта.

Настройка шкалы времени присутствует в тех программах, которые позволяют записывать и воспроизводить анимацию. Кроме часов, минут, секунд и миллисекунд, шкала времени может измеряться количеством кадров анимации.

Настройки массы объектов, например в килограммах, появляются, если программа позволяет вычислять динамику столкновений или делать механические расчёты [1–3].

**2. Трёхмерная навигация в виртуальном пространстве.** Практически во всех трёхмерных редакторах используются три способа изменять точку зрения на виртуальное пространство с моделями. Речь идёт о командах: орбита, панорамирование и зуммирование.

Термин «зуммирование» пришёл из фотографии и обозначает увеличение и уменьшение изображения в видовом экране, подобно тому, как это происходит в фотоаппарате. Только на компьютере управление зуммированием чаще всего происходит за счёт прокручивания колёсика мышки (устройство ввода mouse).

Термин «панорамирование» означает перемещение точки зрения наблюдателя в плоскости, перпендикулярной направлению луча зрения. Управление панорамированием, как правило, осуществляется через использование колёсика мышки, только не прокручиванием, как при зуммировании, а нажатием на колёсико и перемещением самой мышки по коврику.

Термин «орбита» неслучайно ассоциируется с космическими полётами. Команда «орбита» позволяет менять точку зрения на объект или трёхмерную сцену так, как будто пользователь находится на орбите объекта или сцены. Точка зрения при этом свободно вращается вокруг ещё одной точки, на которую смотрит. В разных программах эта команда включает по-разному, но чаще всего технология использования напоминает панорамирование, т. е. пользователь нажимает колёсико мышки и двигает ее, только дополнительно при этом нужно удерживать нажатой ещё одну клавишу, например Alt или Shift [1–6].

**3. Трансформации.** Существуют три основных инструмента трансформации – перемещение, вращение и масштабирование. Кроме основных, имеется немало дополнительных инструментов, которые являются разновидностями основных. Ещё важно отметить, что трансформации применимы не только к целым объектам, но и к их составным компонентам, таким как точки и группы точек, рёбра и поверхности.

Трансформация перемещения позволяет выделить объект и переместить его из одного места в другое. В качестве примера дополнительного инструмента трансформации можно привести инструмент копирования, который мы используем так же как перемещение, но при этом исходный объект остаётся на месте, а в новое место отправляется копия выбранного объекта.

Трансформация вращения позволяет поворачивать объекты, предварительно выбрав при этом ось вращения. Во всех профессиональных программных продуктах ось вращения может

располагаться или определяться любым требуемым способом. Примером дополнительного инструмента трансформации вращения может стать инструмент трёхмерного выравнивания, который позволяет осуществлять более сложное вращение, когда нужно разместить грань или поверхность одного объекта параллельно или перпендикулярно грани либо поверхности другого объекта.

Трансформация масштабирования позволяет изменять масштаб объекта относительно любой заданной или выбранной точки. Во многих программах масштабирование может осуществляться не только по трём осям одновременно, но и по двум или одной, если нужно. В качестве примера дополнительного инструмента трансформации можно привести трансформацию растягивания, хотя растягивание может служить примером ещё и трансформации перемещения. Используя растягивание, пользователь может изменять масштаб не всего объекта, а только его части или нескольких частей [1–6].

**4. Системы координат и режимы перемещения.** Наиболее широкое распространение в программах для трёхмерного моделирования получила декартова система координат с тремя перпендикулярно расположенными по отношению друг к другу осями X, Y и Z. Хотя в некоторых программах используются и альтернативные системы координат, например полярные.

Режимов перемещения обычно предусмотрено два – ортогональный и свободный. В ортогональном режиме перемещения объекты перемещаются строго вдоль осей декартовой системы координат. В свободном режиме у пользователя появляется возможность двигать объекты по двум либо трём осям одновременно [1–6].

**5. Привязки и зависимости.** Привязки – это возможность попадать точно в определённые точки без излишних усилий при использовании инструментов трансформации. Используя трансформацию перемещения, можно, например, точно совместить угол одного объекта с углом другого. Список наиболее часто используемых типов привязок выглядит следующим образом: конечная точка, средняя точка, касательная точка, центр окружности, перпендикуляр.

Зависимости похожи на привязки списком наиболее часто используемых типов, но отличаются тем, что работают постоянно, а не только в момент использования какого-либо инструмента. То есть, например, если задать отрезку зависимость перпендикулярности по отношению к другому объекту, то этот отрезок будет

отслеживать положение объекта, от которого зависит, и корректировать своё положение до перпендикулярного состояния [1–6].

#### 6. Вычерчивание векторных эскизов.

В вычерчивании особенно сильно выделяются две группы инструментов, одни позволяют создавать объекты, что называется, «с нуля», а другие делают возможным редактирование уже созданных объектов. К первой группе, например, относятся инструменты создания: отрезки, полилинии, окружности, эллипсы и кривые Безье, а ко второй группе – инструменты редактирования: обрезки, продления, фаски, скругления и смещения [1, 2, 4, 5, 7].

**7. Твёрдотельное моделирование.** Основные инструменты твёрдотельного моделирования предназначены для поисковых и начальных этапов создания и редактирования моделей. Основное отличие твёрдотельного моделирования от полигонального заметнее всего при работе с булевыми операциями и после расщепления объектов на части. Полигональные модели состоят из полигонов, они пустые внутри, а твёрдотельные как бы заполнены материей.

В качестве примеров инструментов создания можно назвать следующие: выдавливание, вращение сечения, движение сечения по траектории, трансформация сечений на траектории.

В качестве примеров инструментов редактирования можно назвать следующие: булевы операции, расщепление, трёхмерные фаски и скругления, смещение точек, рёбер, граней и поверхностей [1–6].

**8. Модификация.** Инструменты модификации объектов представляют собой особые типы инструментов редактирования, применение которых имеет обратимый характер. То есть назначенную модификацию можно удалить, и это приведёт модель в исходное состояние [2].

**9. Полигональное моделирование.** Этот тип моделирования основан на построении моделей из требуемого количества не плоских многоугольников. Объекты этого типа имеют ряд очень специфических особенностей. Во-первых, полигональные объекты пустые внутри, т. е. после расщепления или удаления одного из полигонов мы можем заглянуть внутрь объекта. Во-вторых, полигоны видимы только с одной стороны, т. е. разместив точку зрения внутри полигонального объекта, мы его видеть не будем. В-третьих, у полигонов есть свойства видимой гладкости. Например, пользователь может отключить ребристость и, назначив нескольким полигонам одну группу сглаживания, создать эффект гладкой криволинейной поверхности [2, 4].

**10. NURBS моделирование.** Такое моделирование основано на кривых, которые управляются контрольными точками. NURBS – это сокращение, на английском языке читается как Non-uniform rational B-spline, что в переводе означает неоднородные рациональные B-сплайны. Это математический способ описания формы, который получил широкое распространение в компьютерной графике из-за своей простоты и доступности [2, 4].

**11. Автоматизация разработки цифровых моделей, создания чертежей и проектной документации.** Эта возможность особенно актуальна для стадии разработки рабочего проекта, когда в проект постоянно поступают новые данные и разрабатываемое проектное решение подвергается постоянным изменениям.

Для автоматизации работы с моделями, а также вывода чертежей и спецификаций используется как минимум дерево модификаций, а в крупных компаниях ещё и BIM технологии.

Дерево модификаций – это сложная, упорядоченная и многоуровневая иерархия модификаций и применённых параметров. Иными словами, при использовании дерева проекта в процессе создания цифровой модели автоматически происходит запись всех действий пользователя, которые связаны с созданием и редактированием модели.

BIM технологии – это не только использование дерева проекта, но ещё и многопользовательское построение модели и взаимное влияние всех решений друг на друга и на конечный результат [1, 2, 5].

**12. Параметризация эскизов, поверхностей, моделей и их свойств.** В разных программах возможности параметризации существенно отличаются, однако можно проследить интересную закономерность в том, в каком направлении развивается моделирование.

В разных программах всё чаще появляются элементы визуального программирования деревьев проекта или компонентов проекта. При таком подходе пользователь получает возможность размещать на холсте особые алгоритмические блоки и соединять их связями, которые похожи на провода. Такой подход позволяет создавать сложные, параметрически управляемые модели объектов с невероятно сложной геометрией [1, 2, 5].

**13. Моделирование физических процессов.** В программах, в которых требуется визуализация физических процессов или какие-либо физические расчёты, появляются инструменты, позволяющие управлять физическими свойствами цифровых моделей.

В качестве примеров можно привести программы и дополнения к программам, которые

визуализируют динамику движения частиц в воздушной или газовой среде. Или, например, программы для расчёта динамики тканей. И, конечно, программы, которые умеют делать статические и динамические расчёты нагрузок [2, 5].

**14. Скульптинг.** Этот тип моделирования предназначен для работы с формами, которые крайне сложно или невозможно описать геометрически. Речь идёт прежде всего о формах, которые проще получить в результате классической техники лепки. Это, например, фигуры человека и живых существ, а также элементы природного окружения [8].

**15. Морфинг заготовок.** Морфингом называют плавное преобразование одного объекта в другой. Существуют программы и дополнения к программам, которые содержат заранее заготовленные морфотипы объектов и через управление различными параметрами позволяют пользователю менять форму объекта и получать требуемую конфигурацию.

Существуют программы, которые таким образом позволяют получить трёхмерную модель человеческого тела. Причём пользователь имеет возможность настраивать не только пол, возраст, рост или вес, но и черты лица [2, 3].

**16. Трёхмерное сканирование.** Технология трёхмерного сканирования бывает двух типов – контактная и бесконтактная. При контактном способе пользователь касается измеряемого объекта при помощи специального устройства, а программа записывает координаты точек в трёхмерном пространстве. Бесконтактный тип трёхмерного сканирования бывает двух разновидностей – активный и пассивный. Активный сканер светит в окружающее пространство светодиодами, лазером или даже рентгеновскими лучами, а специальная программа с помощью камеры вычисляет положение точек в пространстве. Пассивный сканер никуда не светит, а использует алгоритм распознавания объекта по потоку видеоданных. Этот алгоритм умеет находить на поверхности объектов узнаваемые точки, следит за их перемещением при изменении положения камеры, а также вычисляет их положение в пространстве [9, 10].

**17. Распознавание результатов трёхмерного сканирования.** Результатом трёхмерного сканирования всегда является облако точек или модель, состоящая из большого количества треугольников.

Сканер не делает различий между сложной скульптурой и простыми геометрическими фигурами, такими как конус или цилиндр. Вот для таких случаев и разработано программное обеспечение для распознавания результатов

трёхмерного сканирования, которое сейчас часто называют модным словосочетанием реверс инжиниринг.

Современные разработчики программного обеспечения научили свои программы видеть в облаках точек или треугольниках простые геометрические фигуры, скругления и фаски [10].

**18. Построение трёхмерных моделей по фотографиям и видео.** Этот тип построения трёхмерных моделей во многом использует наработки пассивного трёхмерного сканирования. Отличие в том, что пользователю предоставляется заметно больше возможностей по управлению процессом создания модели. Например, бывают программы, которые умеют определять по фотографиям не только точки на объекте, но и точки, из которых производилась съёмка. Таким образом, пользователь получает возможность моделировать объект, привязываясь к контрольным точкам в пространстве и рассматривая объект с реальных ракурсов [2].

**19. Текстурирование, картирование и визуальные свойства материалов.** Наиболее часто с визуальными свойствами материалов, картами и текстурами промышленному дизайнеру приходится сталкиваться при решении задач презентации проектируемого объекта.

Во многих программах для трёхмерного моделирования присутствуют возможности управления видимыми поверхностными свойствами объектов. Для наложения текстур и управления этим наложением используются инструменты UVW проецирования. UVW – это буквы английского алфавита, которые предшествуют XYZ и дополняют оси декартовой системы координат, так как находятся с текстурируемой моделью в одном и том же месте [2–4, 6–8].

**20. Моделирование освещения.** Во многих программах для трёхмерного моделирования у пользователя есть возможность расставлять в трёхмерной сцене источники света, визуализировать результаты работы этих источников, а также очень реалистично вычислять результаты отражений и преломлений лучей света. Причём профессиональные программы с инструментами визуализации располагают самым широким набором параметров, которые позволяют моделировать практически любые условия освещения [2–4, 6].

**21. Построение фото- и видеопанорам, а также HDR.** Для моделирования реалистичного рассеянного освещения часто используются особые изображения, которые представляют собой замкнутую во всех направлениях сферическую панораму с широким диапазоном яркости.

Панорамные изображения, замкнутые со всех сторон, ещё называют эквидистантными проекциями. Для склеивания эквидистантных

проекции и любых других панорам существует программное обеспечение, которое как в трёхмерном сканировании умеет находить на снимках узнаваемые точки, следит за их перемещением и склеивает фрагменты изображения, деформируя их и выравнивая при этом тон.

Изображения с широким диапазоном яркости обозначаются четырьмя буквами HDR1 или тремя HDR. Это англоязычное сокращение расшифровывается как High Dynamic Range Imaging, что в переводе с английского означает изображение с высоким динамическим диапазоном яркости [7, 11].

**22. Визуализация (видовой экран и рендеринг).** Каждая программа для трёхмерного моделирования предоставляет пользователю возможность рассматривать трёхмерные объекты и сцену в окне прямоугольной формы, которое называется видовым экраном.

Изображение в видовом экране как правило имеет ряд ограничений, которые связаны с производительностью компьютера. Например, в видовом экране редко выводятся падающие тени и отражения, для расчёта которых в режиме реального времени требуется мощный компьютер.

В отличие от видового экрана в окне рендеринга выводится финальный результат визуализации всех используемых эффектов сцены. Процесс вывода изображения в окно рендеринга занимает заметно больше времени, но при этом выводит изображения наиболее высокого качества [2, 3, 6].

**23. Анимация по ключевым кадрам.** Современные программы для трёхмерного моделирования позволяют записывать и воспроизводить анимацию трёхмерных объектов.

Для записи информации о перемещениях, поворотах и изменениях масштаба объектов используются ключевые кадры или сокращённо ключи на шкале времени. Например, для записи перемещения объекта из точки А в точку Б понадобится всего два ключа в двух разных положениях на шкале времени. Промежуточные положения объекта будут рассчитаны автоматически [2, 3].

**24. Интерактивная презентация.** Ещё одна, сравнительно новая возможность появилась у дизайнеров вместе с развитием и активным внедрением программ, которые называются игровыми движками. Эти программы обычно используются для сборки трёхмерных компьютерных игр, но они же позволяют делать очень наглядные и, что интересно, интерактивные презентации проектных решений. Это уже не просто движущиеся и трёхмерные объекты, а объекты, способные меняться в зависимости от действий пользователя [6].

**25. Трёхмерная обработка, печать и манипуляции.** Навыки трёхмерного моделирования необходимы промышленным дизайнерам для работы со станками с числовым программным управлением (ЧПУ), в подготовке заданий для трёхмерной печати. Трёхмерные модели используются специальными программами для вычисления траекторий перемещения рабочих органов станков при изготовлении реальных, физических прототипов вещей [10, 12–14]. А современная робототехника и манипуляторы уже не просто исполняют заранее написанный код, а способны подстраиваться под изменяющиеся условия окружающей среды. Существует техника, оборудованная трёхмерным зрением, которая может распознавать и преодолевать препятствия. Некоторые роботы умеют останавливать работу в случае обнаружения человека в опасной близости от производственной площадки [15, 16].

**Вывод.** Сегодня нет никаких сомнений, что работа с цифровыми моделями и технологии трёхмерного моделирования входят в компетенции промышленного дизайнера [17–19]. Хотя ещё до возникновения профессии промышленный дизайнер перед специалистами, занятыми вопросами технической эстетики и художественного конструирования, стояли вопросы визуализации, макетирования и изготовления прототипов вещей. По этой причине зодчие, архитекторы и дизайнеры во все времена должны были владеть навыками изготовления макетов и вообще любого моделирования. При этом в настоящее время черчение и моделирование не только перестало быть ручным трудом, но в значительной степени использует возможности компьютерной техники и программного обеспечения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ascon.ru // Официальный русскоязычный сайт производителя программного обеспечения URL: <https://ascon.ru/products/7/review/> (дата обращения: 21.12.2020).
2. Autodesk.com // Официальный сайт производителя программного обеспечения URL: <https://www.autodesk.ru/> (дата обращения: 15.12.2020).
3. Blender.org // Официальный сайт производителя программного обеспечения URL: <https://www.blender.org/> (дата обращения: 23.12.2020).
4. Rhino3d.com // Официальный сайт производителя программного обеспечения URL: <https://www.rhino3d.com/> (дата обращения: 18.12.2020).
5. Solidworks.com // Официальный русскоязычный сайт производителя 3d-принтеров и программного обеспечения URL: <https://www.solidworks.com> (дата обращения: 24.12.2020).

6. Unity.com // Официальный сайт производителя программного обеспечения URL: <https://unity.com> (дата обращения: 21.12.2020).
7. Adobe.com // Официальный сайт производителя программного обеспечения URL: <https://www.adobe.com/> (дата обращения: 14.12.2020).
8. Pixologic.com // Официальный сайт производителя программного обеспечения URL: <https://pixologic.com/> (дата обращения: 17.12.2020).
9. Plm.automation.siemens.com // Официальный сайт производителя программного обеспечения URL: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/> (дата обращения: 21.12.2020).
10. 3dsystems // Официальный сайт производителя 3d-принтеров, 3d-сканеров и программного обеспечения URL: <https://www.3dsystems.com> (дата обращения: 25.12.2020).
11. Ptgui.com // Официальный сайт производителя программного обеспечения URL: <https://www.ptgui.com/> (дата обращения: 22.12.2020).
12. Machsupport.com // Официальный сайт разработчика программного обеспечения <https://www.machsupport.com/software/mach4/> (дата обращения: 21.12.2020).
13. Ultimaker.com // Официальный сайт производителя 3d-принтеров и программного обеспечения URL: <https://ultimaker.com/> (дата обращения: 23.12.2020).
14. Wanhao.ru // Официальный русскоязычный сайт производителя 3d-принтеров и программного обеспечения URL: <https://wanhao.ru/> (дата обращения: 25.12.2020).
15. Fanuc.eu // Официальный сайт производителя промышленного оборудования URL: <https://www.fanuc.eu/> (дата обращения: 16.12.2020).
16. Kuka.com // Официальный сайт производителя робототехники и промышленного оборудования URL: <https://www.kuka.com/> (дата обращения: 22.12.2020).
17. Малахов С.А. Композиционный метод как эксперимент по возникновению новой функции и нового языка // Градостроительство и архитектура. 2012. № 4 (8). С. 48–52. DOI: 10.17673/Vestnik.2012.04.9.
18. Раков А.П. Метод гуманизации технических концепций в архитектуре экстремальных условий обитания: дис. ... канд. арх. наук: 05.23.20. Нижний Новгород, 2013.
19. Репина Е.А. Катастрофа прогресса и природа инноваций // Инновационные методы и технологии в высшем архитектурном образовании: материалы международной научной конференции. XVII международный смотр-конкурс) / СГАСУ. Самара, 2008. С. 218–229.
3. Blender (2020) Available at: <https://www.blender.org/> (accessed 23 December 2020).
4. Rhino3d (2020) Available at: <https://www.rhino3d.com/> (accessed 18 December 2020).
5. Solidworks (2020) Available at: <https://www.solidworks.com> (accessed 24 December 2020).
6. Unity (2020) Available at: <https://unity.com> (accessed 21 December 2020).
7. Adobe (2020) Available at: <https://www.adobe.com/> (accessed 14 December 2020).
8. Pixologic (2020) Available at: <https://pixologic.com/> (accessed 17 December 2020).
9. Plm.automation.siemens (2020) Available at: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/> (accessed 21 December 2020).
10. 3dsystems (2020) Available at: <https://www.3dsystems.com> (accessed 25 December 2020).
11. Ptgui (2020) Available at: <https://www.ptgui.com/> (accessed 22 December 2020).
12. Machsupport (2020) Available at: <https://www.machsupport.com/software/mach4/> (accessed 21 December 2020).
13. Ultimaker (2020) Available at: <https://ultimaker.com/> (accessed 23 December 2020).
14. Wanhao (2020) Available at: <https://wanhao.ru/> (accessed 25 December 2020).
15. Fanuc (2020) Available at: <https://www.fanuc.eu/> (accessed 16 December 2020).
16. Kuka (2020) Available at: <https://www.kuka.com/> (accessed 22 December 2020).
17. Malakhov S.A. The compositional method as an experiment in the emergence of a new function and a new language. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura*. [Urban Construction and Architecture], 2012, no. 4 (8), pp. 48–52. (in Russian)
18. Rakov A.P. *Metod gumanizatsii tekhnicheskikh kontseptsiy v arkhitekture ekstremal'nykh usloviy obitaniya*. Kand, Diss. [Method of humanization of technical concepts in the architecture of extreme living conditions. Cand, Diss.]. Nizhniy Novgorod, 2013.
19. Repina E.A. The catastrophe of progress and the nature of innovation. *Innovacionnye metody i tekhnologii v vysshem arkhitekturnom obrazovanii. Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferencii. XVII mezhdunarodnyj smotr-konkurs*. [Innovative methods and technologies in higher architectural education. Materials of the international scientific conference. XVII International review-competition]. Samara, 2008. (in Russian)

## REFERENCES

1. Ascon (2020) Available at: <https://ascon.ru/products/7/review/> (accessed 21 December 2020).
2. Autodesk (2020) Available at: <https://www.autodesk.ru/> (accessed 15 December 2020).

Об авторе:

**РАКОВ Антон Петрович**

кандидат архитектуры, доцент кафедры  
инновационного проектирования  
Самарский государственный технический университет  
Академия строительства и архитектуры  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: radesign@inbox.ru

**RAKOV Anton P.**

PhD of Architecture, member in Russian association of  
designers,  
Associate Professor of the Innovation Design Chair  
Samara State Technical University  
Academy of Architecture and Civil Engineering  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244  
E-mail: radesign@inbox.ru

Для цитирования: *Раков А.П.* Технологии трёхмерного моделирования в промышленном дизайне // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 2. С. 155–161. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.20.

For citation: *Rakov A.P.* Three-Dimensional Modeling Technologies in Industrial Design. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 2, Pp. 155–161. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.20.

**НАУЧНО-ПРОЕКТНЫЙ ЦЕНТР  
«АРХИГРАД»**

Направления  
деятельности



Градостроительство, градостроительная реконструкция, территориальное планирование, архитектурное и ландшафтное проектирование, реконструкция зданий и сооружений, экспертная деятельность, повышение квалификации руководителей и специалистов организаций

Руководитель



**Татьяна Владимировна ВАВИЛОНСКАЯ**  
доктор архитектуры, профессор

Контакты



443001, Самара, ул. Молодогвардейская, 194, каб. 0102  
(846) 242-52-21  
baranova1968@mail.ru