

*В.А. Кукушкина<sup>1</sup>, Ю.А. Бордюгова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Липецкий государственный технический университет, г. Липецк, Российская Федерация*

## **ПРИМЕНЕНИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ И АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

**Аннотация.** В статье рассмотрен процесс трехмерного моделирования на примере изделий, имеющих сложную конфигурацию. Приведен пример некоторых аспектов моделирования корпуса станка в программе AutoCAD, в основу которого легли принципы компоновки и формообразования.

Рассмотрены основные принципы создания 3D-модели в программе 3DS MAX. Выявлены основные плюсы моделирования. Применение аддитивных технологий является перспективным направлением развития современного машиностроения. Внедрение новых технологий способствует сделать производственный процесс менее трудоемким. Суть аддитивных технологий заключается в послойном нанесении материала на основе CAD-модели – трехмерной геометрической модели, переведенной в определенный формат для печати на 3D-принтере.

Таким образом, аддитивные технологии и трехмерное моделирование являются приоритетными направлениями развития машиностроительной отрасли, позволяющими вывести выпускаемую продукцию на качественно новый уровень за счет расширения возможности производить детали любой геометрической сложности, минимизации потерь материала, сокращения временных затрат, возможности изменения в проекте на стадии производства, а также оптимизации производственных процессов в целом.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, 3D-моделирование, машиностроение, прототипирование, геометрическая модель.

*V.A. Kukushkina<sup>1</sup>, Yu.A. Bordyugova<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russian Federation*

## **APPLICATION OF 3D MODELING AND ADDITIVE TECHNOLOGIES IN ENGINEERING**

**Abstract.** The article considers the process of three-dimensional modeling on the example of products having a complex configuration. An example of some aspects of modeling the machine body in the AutoCAD program is given, which is based on the principles of layout and shaping.

The basic principles of creating a 3D model in the 3DS MAX program are considered. The main advantages of modeling are revealed. The use of additive technologies is a promising direction for the development of modern mechanical engineering. The introduction of new technologies helps to make the process less time-consuming. The essence of the technology consists in layer-by-layer application of a material based on a CAD model - a three-dimensional geometric model translated into a specific format for printing on a 3D printer.

Thus, additive technologies and three-dimensional modeling are priority areas of development of the machine-building industry, which allows us to bring our products to a qualitatively new level by expanding the ability to produce parts of any geometric complexity, minimizing material losses, reducing time costs, the possibility of changes in the project at the production stage, as well as optimizing production processes in general.

**Keywords:** additive technologies, 3D modeling, mechanical engineering, prototyping, geometric model.

### **Введение**

Машиностроение – это одна из наиболее значимых и сложных отраслей промышленности, отражающая уровень развития науки и техники. В данную отрасль входят такие компоненты, как оборонно-промышленный комплекс, авиационная промышленность, судостроение, ракетно-космическая промышленность и др. Ни в одном из данных направлений невозможно обойтись без современного автоматизированного проектирования и высоких технологий. Ранее производство основывалось на чертежах и ручных расчетах [1].

Аддитивные технологии (АТ) начали интенсивно развиваться со времени получения первых трехмерных изображений изделий на дисплеях компьютеров. Начало положила стереолитография, затем довольно многочисленные новые принципы стали называть

технологиями быстрого прототипирования (Rapid Prototyping), чем в комплексе с другими цифровыми технологиями на данном этапе развития и являются «Аддитивные технологии».

В данной работе рассматриваются особенности применения методов 3D-моделирования в машиностроении, способствующие оптимизации производства изделий различной степени сложности, что приводит к сокращению времени и снижению вероятности появления брака на ранних стадиях проектирования.

В настоящее время компьютерные технологии позволяют не только перенести чертежи с бумаги в цифровой формат, но и смоделировать изделие в объеме. Данные технологии называются 3D-технологии. Их активно используют в дизайне, архитектуре, машиностроении и других областях [2,3]. Необходимость 3D-моделирования и визуализации становится заметной при производстве продукции, при создании прототипов будущих изделий или создании объемной анимации.

Для создания 3D-моделей могут использоваться различные редакторы трехмерной графики. Наиболее популярными являются AutoCAD, Autodesk 3ds Max, Autodesk Simulation и др., которые открывают широкие возможности для создания 3D-моделей и позволяют реализовать идею в трехмерном виде. Перед созданием 3D-модели, необходимо провести анализ и определить из каких элементов состоит объект. 3D-модель, спроектированная в компьютерной программе, рассматривается как геометрическое тело, состоящее из вершин, ребер, граней и полигонов.

#### **Материалы и методы исследований**

Кафедра дизайна и художественной обработки материалов ЛГТУ осуществляет научную деятельность, связанную с применением 3D-технологий. Студенты изучают 3D-технологии, анализируют и знакомятся с процессом построения трехмерной модели, а в дальнейшем применяют данные умения при проектировании объектов для последующей печати с применением аддитивных технологий.

Известными программами по построению трёхмерных объектов и скульптингу являются: Autodesk 3DS MAX, Blender, Cinema 4D, Autodesk MAYA, ZBrush и Sculpttris. Наиболее используемыми программами САПР являются Autodesk Inventor, Autodesk Autocad, SolidWorks и SketchUp. Для создания эффектов и анимации используют: Autodesk MAYA и Houdini. Для текстурирования используются такие программы как Autodesk MUDBOX и 3D-COAT. Выбор конкретной программы определяется поставленной целью и доступностью данной программы [4,6].

Для примера рассмотрим некоторые аспекты моделирования корпуса станка в программе AutoCAD. Чтобы выбрать наиболее удачный вариант компоновки, необходимо иметь представление о том, как выглядит промышленный объект в объёме. Для выбора оптимального решения, создадим ряд эскизов (рис. 1-2).

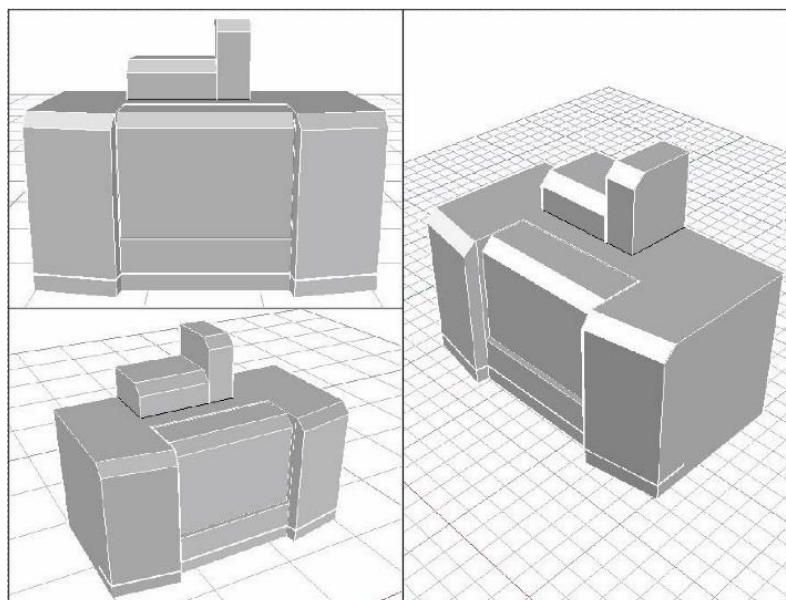


Рис. 1. Применен прием «срезанные ребра»

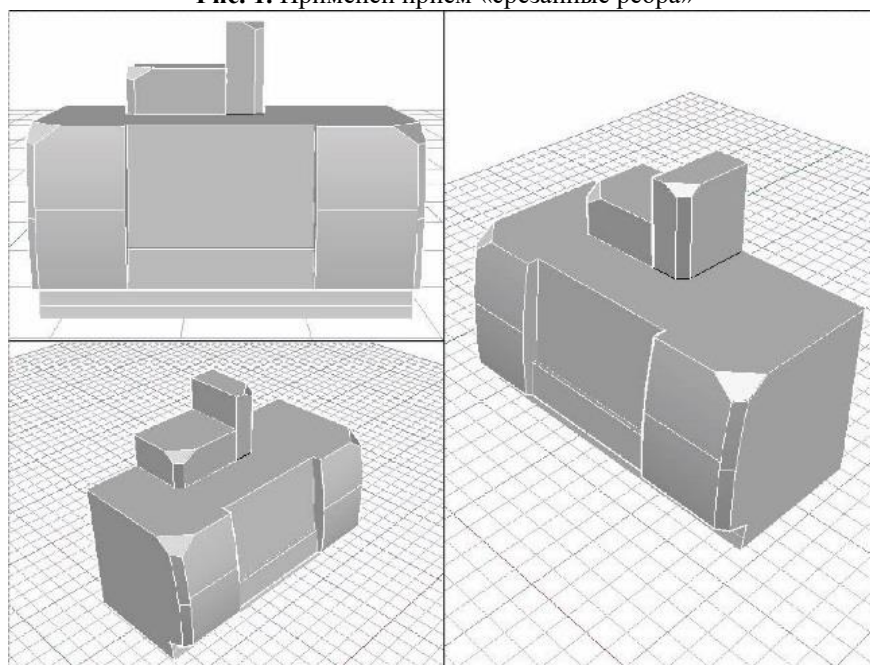


Рис. 2. Сочетание изогнутой поверхности и применения «срезанных углов»

**Создание 3D-модели.** Разрабатывая 3D-модель стоит отметить важность используемых программ. К примеру, 3DS MAX оснащен горячими клавишами, использование которых значительно ускоряет работу в программе. Построение может осуществляться различными способами. Рассмотрим один из них на примере создания памятного сувенира с логотипом Липецкого государственного технического университета (рис. 3).

С помощью векторной линии (Line), расположенной на панели команд в вкладке Создание (Create), рисую логотип ЛГТУ, состоящий из двух треугольников, проходящих друг через друга (рис. 3а) [5]. Затем, чтобы придать им объем применяю модификатор Extrude (рис. 3б). Далее создаю Box (коробку), которая будет служить основой конструкции (рис. 3в). Для того чтобы объект был устойчивым основание коробки (Box) делаю шире [5].

В 3DS MAX есть инструмент для создания векторного текста, который можно сделать объемным, что очень удобно. Для этого во вкладке Create (создание) выбираю Text (текст), и в настройках данного объекта вписываю необходимый текст, выбираю шрифт и уровень отступа между буквами. Далее применяю модификатор Extrude для того, чтобы векторный объект стал объемным (рис. 3г).

Затем, выбираю объект логотипа и клонирую его по необходимым осям, в моем случае это оси ХУ, чтобы расположить их на обратной стороне основания (рис. 3д). Текст же необходимо создать заново, так как при клонировании буквы будут отображаться в неправильном направлении.

Готовая 3D-модель памятного сувенира с логотипом Липецкого государственного университета изображена на рисунке 4

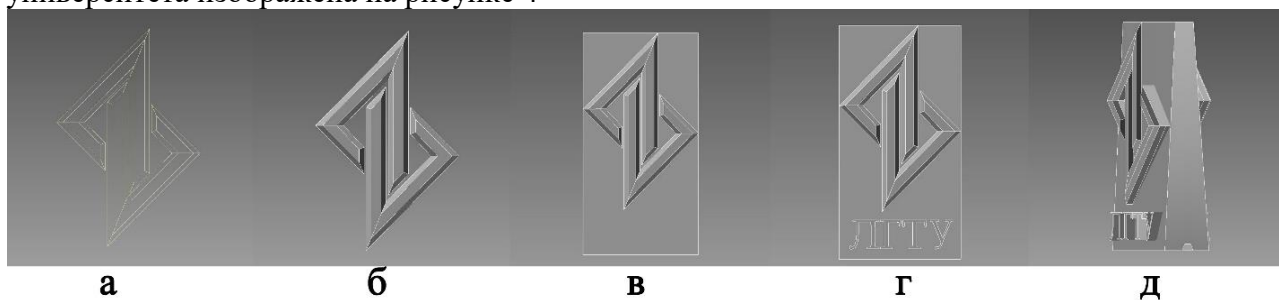


Рис. 3. Этапы построения статуэтки

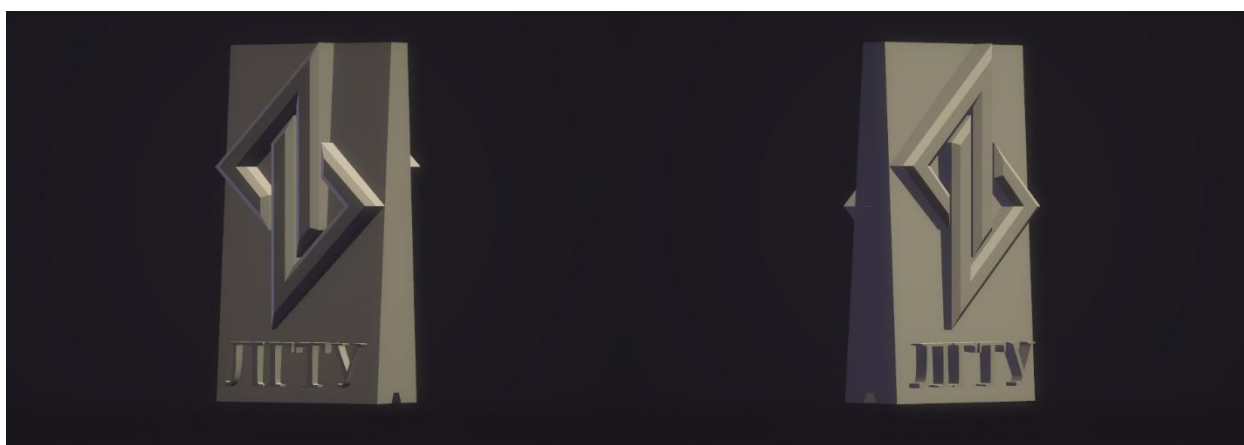


Рис. 4. Готовая 3D-модель памятного сувенира с логотипом ЛГТУ

Модель подарочного сувенира с логотипом Липецкого государственного технического университета была распечатана на 3D-принтере модели Wanhao Duplicator 6. Данный принтер есть в лаборатории кафедры дизайна и художественной обработки материалов. Следует кратко рассмотреть технологию печати принтера Wanhao Duplicator 6 – FDM/FFF, размер области построения – 200x200x175 мм, диаметр сопла – 0,4 мм, рабочая температура экструдера – 180-260 °С, скорость печати 30-150 мм/с.



Рис. 5. 3D-принтер модели Wanhao Duplicator 6

С помощью принтера Wanhao Duplicator 6 реализуются различные проектные идеи в материале. 3D-принтеры применяют не только для учебного процесса, но и в производственных целях.

Таким образом, компьютерное трехмерное моделирование дает возможность не только оценить внешние характеристики и параметры изделия, но и расширить возможности формообразования. Применение аддитивных технологий в современном производстве позволяет:

- экономить ресурсы;
- увеличить производственные возможности предприятия;
- упростить технологический процесс;
- сократить сроки разработки изделий;
- повысить качество продукции.

Все эти преимущества обуславливают переход промышленных предприятий к внедрению в производственный процесс 3D-моделирования и аддитивных технологий. Данный фактор требует увеличения количества специалистов в данной сфере.

### **Заключение**

К достоинствам трехмерной графики можно отнести достаточную реалистичность будущего изделия. Это достигается за счет объемного изображения объектов, а также посредством широкого спектра возможностей трехмерной графики. К ним можно отнести создание различных текстур, материалов, размеров.

Преимуществами 3D-печати являются: возможность создания сложных форм и практически безотходное производство.

В настоящее время аддитивные технологии активно применяются и внедряются в космическую индустрию, авиационную промышленность, приборостроение.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология обработки материалов [Текст]: учеб. пособие для академического бакалавриата / В.Б. Лившиц [и др.]; отв. ред. В.Б. Лившиц. М.: Юрайт, 2018. 381 с.
2. Эленко, М.А. Аддитивные технологии в машиностроении [Текст]: пособие для инженеров / М.А. Эленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш. М.:НАМИ, 2015. 220 с.
3. Классификация 3D-принтеров [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://magnum3d.ru/klassifikatsiya-3d-printerov-7-tehnologij-3d-pechati/>. 17.03.2022.
4. Гамов, Е.С. Теоретические и технологические предпосылки аддитивных (цифровых) способов литья / Е.С. Гамов, В.А. Кукушкина // Литейщик России. 2018. №23. С.28-38.
5. Маньковская В.П., 3D ТЕХНОЛОГИИ В ДИЗАЙНЕ / Маньковская В.П., Александров Г.И., Кукушкина В.А.//МАШИНОСТРОЕНИЕ. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ. Материалы научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. 2018. С. 189-192.

## REFERENCES

1. Technology of materials processing [Text]: textbook. handbook for academic undergraduate studies / V.B. Livshits [et al.]; ed. by V.B. Livshits. M.: Yurayt, 2018. 381 p.
2. Elenko, M.A. Additive technologies in mechanical engineering [Text]: manual for engineers / M.A. Elenko, M.V. Nagaytsev, V.M. Dovbysh. M.:NAMI, 2015. 220 p.
3. Classification of 3D printers [Electronic resource]. Access mode: <http://magnum3d.ru/klassifikatsiya-3d-printerov-7-tehnologij-3d-pechati/>. 17.03.2022.
4. Gamov, E.S. Theoretical and technological prerequisites of additive (digital) casting methods / E.S. Gamov, V.A. Kukushkina // Foundry of Russia. 2018. No.23. p.28-38.
5. Mankovskaya V.P., 3D TECHNOLOGIES IN DESIGN / Mankovskaya V.P., Aleksandrov G.I., Kukushkina V.A. // ENGINEERING. TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF MODERN SCIENCE. Materials of scientific conference of students and graduate students of the Lipetsk State Technical University. 2018. S. 189-192.

## Информация об авторах

*Вера Анатольевна Кукушкина* – доцент, член союза дизайнеров России, доцент кафедры дизайна и художественной обработки материала, Липецкий государственный технический университет, г. Липецк, e-mail: [vera.a.kukushkina@mail.ru](mailto:vera.a.kukushkina@mail.ru)

*Юлия Александровна Бордюгова* – студент, студент кафедры дизайна и художественной обработки материала, Липецкий государственный технический университет, г. Липецк, e-mail: [yulya.alabusheva00@mail.ru](mailto:yulya.alabusheva00@mail.ru)

## Authors

*Vera Anatolyevna Kukushkina* - Associate Professor, member of the Union of Designers of Russia, Associate Professor of the Department of Design and Artistic Processing of Materials, Lipetsk State Technical University, Lipetsk, e-mail: [vera.a.kukushkina@mail.ru](mailto:vera.a.kukushkina@mail.ru)

*Yulia Aleksandrovna Bordyugova* - student, student of the Department of Design and Artistic Processing of Materials, Lipetsk State Technical University, Lipetsk, e-mail: [yulya.alabusheva00@mail.ru](mailto:yulya.alabusheva00@mail.ru)

## Для цитирования

Кукушкина В.А., Бордюгова Ю.А. Применение 3D-моделирования и аддитивных технологий в машиностроении // «Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами»: электрон. науч. журн. – 2022. – №1(13). – С. 63-69 – DOI: 10.26731/2658-3704.2022.1(13).63-69 – Режим доступа: <http://ismm-irgups.ru/toma/113-2022>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 27.04.2022)

**For citation**

Kukushkina V.A., Bordyugova Yu.A. Application of 3D modeling and additive technologies in engineering // Informacionnye tehnologii i matematicheskoe modelirovanie v upravlenii slozhnymi sistemami: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal [Information technology and mathematical modeling in the management of complex systems: electronic scientific journal], 2022. No. 1(13). P. 63-69. DOI: 10.26731/2658-3704.2022.1(13).63-69. [Accessed 27/04/22]