

3D-ПРИНТЕРЫ: ИСТОРИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ

Н.В. КУШНИР, А.В. КУШНИР, А.М.ГЕРАЩЕНКО, А.Д. ТЫРТЫШНЫЙ

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: kushnir.06@mail.ru*

На сегодняшний день трехмерная печать является одной из самых перспективных и актуальных технологий, позволяющих автоматизировать производство огромного спектра объектов. Создание объектов с помощью 3D-принтеров является высокоточным и исключает субъективные погрешности человека. В данной статье рассматриваются история 3D-печати, ее технологии и классификация, принципы работы трехмерного принтера, стоимость расходных материалов, лидирующие компании-производители в области трехмерной печати. Материалы статьи могут быть применены для подготовки бакалавров, изучающих такие дисциплины, как «Информационные системы и технологии» и «Прикладные пакеты компьютерной графики».

Ключевые слова: 3D-принтеры, трехмерная печать, 3D-печать.

История активного применения технологии трехмерной печати (3D-печати) берет свое начало с середины 90-х годов прошлого столетия. К тому моменту в мировой экономике сложилась ситуация, при которой соблюдение правила «желание клиента – закон» привело к тому, что поставщики уже не просто боролись за своих потребителей, а буквально выполняли любые их пожелания. В силу стремления откликнуться на запросы каждой численно ограниченной группы потенциальных клиентов стало нецелесообразно производить однообразную продукцию миллионными партиями. Это вызвало переход к мелкосерийному производству, в рамках которого, как выяснилось, разработка форм и образцов для каждой новой модели стала слишком затратной. В сложившейся ситуации приобрели популярность станки с числовым программным управлением, способные быстро и с минимумом затрат создавать прототипы будущих предметов. Многие из таких устройств до сих пор применяются в промышленном производстве, но развитие нового ответвления этой технологии привело к появлению уже офисных принтеров трехмерной (объемной) печати – 3D-принтеров. [1]

Первым устройством, предназначенным для создания 3D-моделей, стала SLA-установка, запатентованная американцем Чарльзом Халлом в 1986 году. Именно в ней был впервые реализован принцип послойного наращивания объектов, лежащий в основе работы 3D-принтера. Вскоре созданная Халлом фирма 3D Systems выпустила первое устройство 3D-печати, получившее название «Stereolithography Apparatus». [1]

В 1990 г. был продемонстрирован новый способ печати объемных объектов – метод наплавления, разработанный создателем компании Stratasys Скоттом Крапом и его женой. В 1995 году появилась модификация струйного принтера, позволившая создавать объемные изображения в специальной емкости. Затем возникла технология PolyJet, задействующая в качестве материала для печати фотополимерный жидкий пластик и значительно снизившая цену создания трехмерных изображений. Технологии трехмерной печати стремительно развиваются, давая возможность создания готовых изделий с использованием все более компактных 3D-принтеров. [1]

Выделяются следующие этапы создания объекта с помощью 3D-принтера:

1. Создание на компьютере с использованием специальной программы рисованного 3D-шаблона будущего объекта.
2. Деление с помощью особого программного обеспечения полученной трехмерной модели на множество поперечных слоев.
3. Нанесение посредством дозирующей камеры слоев расходного материала (композитного порошка) на дно специальной камеры.
4. Распределение расходного материала тонким слоем, осуществляемое осью принтера.
5. Нанесение посредством струйной печатной головки бесцветного клея на место размещения следующего слоя создаваемого объекта.
6. Склеивание очередного слоя порошка с предыдущим с повторением этого процесса вплоть до полного формирования объекта. [2]

Выделяются две основных разновидности 3D-печати: лазерная и струйная.

К числу технологий лазерной печати относятся:

1. Лазерная стереолитография, при которой фотополимер засвечивается ультрафиолетовым лазером либо ультрафиолетовой лампой через фотошаблон, изменяющийся с каждым новым слоем. Под указанным воздействием жидкий полимер крепнет, становясь достаточно прочным пластиком.

2. Лазерное сплавление, в ходе которого лазер осуществляет сплавление металлического или пластикового порошка, наслаивая контур будущей детали.

3. Ламинирование, при котором реализуется создание детали из нужного количества слоев рабочего сырья, постепенно накладываемых друг на друга и склеиваемых (причем лазер осуществляет вырезание в каждом контуре сечений будущей детали). [3]

Технологии струйной печати включают в себя:

1. Застывание материала при охлаждении: посредством раздаточной головки на охлаждаемую платформу-основу выдавливаются капли разогретого термопластика, которые, быстро застывая и слипаясь друг с другом, формируют пласты будущего объекта.

2. Полимеризация фотополимерного пластика под действием ультрафиолетовой лампы, отличающаяся от предыдущего способа тем, что пластик отвердевает под воздействием ультрафиолета.

3. Склеивание или спекание порошкообразного материала, при котором порошковая основа склеивается поступающим из струйной головки жидким либо клеящим веществом, причем есть возможность воспроизведения окраски детали с использованием веществ различных цветов.

4. Применение густых керамических смесей в качестве самоотверждающегося материала для печати архитектурных моделей.

5. Осуществляемое с помощью биопринтеров печатание структур будущих трехмерных объектов каплями с содержанием живых клеток, дальнейшие изменения которых обеспечивают окончательное создание объекта

[3]. Развитие подобной технологии дает возможность выращивания полноценных органов, что уже используется в медицине для создания имплантатов костей, включая позвонки, лопатки, части черепа и др.

На этом список технологий трехмерной печати не заканчивается. Существует еще множество других технологий, которые постоянно модифицируются.

Но в глазах обычного, не обремененного обилием денег потребителя большинство всех 3D-принтеров объединяет одна существенная проблема – очень высокая стоимость самого устройства и расходных материалов. Например, эластомер NinjaFlex, позволяющий создавать эластичные изделия, стоит около 7500–8000 рублей за килограмм, а материал Laybrick, позволяющий имитировать изделия из песчаника обойдется покупателю в 10000 рублей за килограмм [4]. Но данные вещества являются достаточно «экзотическими». Существуют более недорогие и популярные расходные материалы: ABS-пластик и нейлон стоимостью около 2400 рублей за килограмм. PLA-пластик (полилактид) – самый экологически чистый из расходных материалов для трехмерной печати – стоит также около 2400 рублей за килограмм [5]. Что касается стоимости самих машин, то на Западе упоминаются цены от 47–600 долларов, а на российском рынке предложения и вовсе начинаются от двух миллионов рублей.

Но некоторые производители все равно стремятся дать небогатому потребителю возможность попробовать себя в 3D-печати. Это стало одной из главных задач проекта RepRap, основанном в 2005 году доктором Адрианом Боуером, преподавателем машиностроения в университете Бата в Великобритании [6]. Replicating Rapid Prototyper (RepRap) представляет собой 3D-принтер, способный распечатать больше половины собственных деталей, что значительно уменьшает затраты на его обслуживание. Его стоимость составляет от 30 до 100 тысяч рублей (в зависимости от цели использования).

Программа, которая конвертирует трехмерную модель в компьютере в управляющий код для 3D-принтера, называется слайсером (от английского «to

slice» – «резать слоями»). Каждый слой состоит из периметра и/или заливки. Модель может иметь разную долю заполнения заливкой, либо вообще может физически отсутствовать (в этом случае речь идет о пустотелой модели). На каждом слое происходят перемещения по осям XY с нанесением расплава материала. После печати одного слоя происходит перемещение по оси Z на пласт выше, печатается следующий и так далее. [7]

Большинство контроллеров 3D-принтеров работает на платформе Arduino. Данная платформа имеет открытую архитектуру и программный код. Язык программирования основан на C/C++ и прост в освоении, а среда программирования Arduino подразумевает работу через USB-порт.

На сегодняшний день лидирующими производителями 3D-принтеров являются следующие компании [8]:

- 3D Systems – передовая американская компания, которая занимает лидирующие позиции в сфере трехмерной печати. Она функционирует с 1986 года, а штаб-квартира находится в Южной Каролине. Американский производитель изготавливает профессиональные и персональные 3D сканеры и 3D-принтеры, а также занимается поставкой расходных материалов к ним.

- EnvisionTEC, начавшая свою деятельность в августе 1999 года. Главный офис компании расположен в городе Гладбек (Германия), есть также представительства в Великобритании и США. Envisiontec признана мировым лидером в области разработки и производства оборудования для быстрого трехмерного выращивания моделей из разных видов пластмасс.

- Stratasys Ltd – компания, основанная в 1989 году в США в штате Миннесота Скоттом Крапом, запатентовавшим технологию моделирования методом наплавления. В апреле 2012 года активы Stratasys были объединены с активами израильской компании Objet, а в июне 2013 года объединенная компания осуществила поглощение производителя настольных 3D-принтеров MakerBot за рекордную сумму 403 млн. долларов. Выручка Stratasys в 2012 г. составила 359 млн. долларов. [9]

- Rapid Shape GmbH разрабатывает и производит профессиональные 3D-принтеры для ювелирных литейных форм. Принтеры используют лазерную стереолитографию, а в качестве материала для печати используется жидкий фотополимер, твердеющий под действием лазера [10]. 3D-принтеры (стереолитографы), выпускаемые под маркой RapidShape©, появились на рынке в 2011 году. Rapid Shape GmbH является дочерней компанией Schultheiss GmbH – мирового лидера по созданию литейного оборудования для ювелирного дела, стоматологии и промышленности [11].

Таким образом, производство оборудования для трехмерной печати стало важным источником дохода для значительного числа компаний. Стремясь привлечь потребителей, они делают все возможное для развития технологий трехмерной печати и повышения их доступности с тем, чтобы 3D-принтеры находили свое применение в самых разных сферах. Эти усилия приносят свои плоды. Использование 3D-принтеров вышло за пределы Земли: один из их образцов уже применялся в деле на МКС. Этим образцом был Zero-Gravity 3D Printer - первое печатающее устройство, способное работать в невесомости. По данным CNN, на печать гаечного ключа ушло 4 часа. NASA утверждает, что 3D-печать будет играть решающую роль в будущих исследовательских миссиях [12].

Технология 3D-печати имеет поистине грандиозные перспективы развития. Ее применение открывает широкие возможности автоматизации производства, производства точного, детализированного и безошибочного. В будущем такие машины смогут полностью заменить работу человека. На текущий момент развитие новых технологий 3D-моделирования достигло такого уровня, что на соответствующих машинах можно воспроизводить практически все, что угодно – от мельчайших деталей до органов, вооружения, целых зданий. Более того, проекты многих моделей можно с легкостью загрузить из глобальной сети Интернет. Естественно, что подобная доступность технологии, которая в перспективе может дать любому желающему возможность создания любых объектов, может вызывать и опасения: нет

гарантии, что распечатанные с помощью 3D-принтеров предметы будут непременно использованы во благо человечеству. И главное в этой активной эволюции техники – не потерять самих себя.

ЛИТЕРАТУРА

1. История развития 3D-печати. - URL: <https://sites.google.com/site/3dprinteryu/istoria> Дата обращения: 20.05.2015
2. Шевалье Е. Что такое 3D-принтер и что можно на нём напечатать // Аргументы и факты. - URL: <http://www.aif.ru/dontknows/file/1379601> Дата обращения: 20.05.2015
3. 3D-принтер // Википедия - свободная энциклопедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/3D-принтер> Дата обращения: 20.05.2015
4. Обзор расходных материалов для 3d принтеров // 3DToday. - URL: <http://3dtoday.ru/industry/obzor-raskhodnykh-materialov-dlya-3d-printerov.html> Дата обращения: 20.05.2015
5. PLA-пластик для 3D-печати // Энциклопедия 3D-печати. - URL: http://3dtoday.ru/wiki/PLA_plastic/ Дата обращения: 20.05.2015
6. Проект RepRap // Википедия - свободная энциклопедия. - URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Проект_RepRap Дата обращения: 20.05.2015
7. 10 правил подготовки модели к 3D печати – URL: <http://habrahabr.ru/post/196182/> Дата обращения: 07.06.2015
8. Производители 3D-принтеров // 3DToday. - URL: <http://3dtoday.ru/3d-printers/producers/> Дата обращения: 20.05.2015
9. Stratasys // PLMpedia. - URL: <http://plmpedia.ru/wiki/Stratasys> Дата обращения: 07.06.2015
10. Купить 3D принтеры Rapid Shape. Основные сведения. // 3D List. Всё о рынке 3D-печати. - URL: <http://3dlist.ru/catalog/list/3d-printer-rapidshape/> Дата обращения: 20.05.2015
11. 3D принтер Rapid Shape. – URL: http://3d_print.jofo.ru/222753.html Дата обращения: 20.05.2015

12. Ауслендер Д. 3D-принтер на МКС напечатал гаечный ключ. - URL: <http://hi-news.ru/space/3d-printer-na-mks-napechatal-gaechnyj-klyuch.html> Дата обращения: 20.05.2015

REFERENCES

1. Istoriya razvitiya 3D-pechati (The history of 3D printing development). - URL: <https://sites.google.com/site/3dprinteryy/istoria> Retrieved 20.05.2015
2. Shevalie E. Chto takoe 3D-printer i chto mozhno na nyom napechatat (What is a 3D printer and what can be printed with it) // Argumenty i fakty. - URL: <http://www.aif.ru/dontknows/file/1379601> Retrieved 20.05.2015
3. 3D-printer // Vikipediya - svobodnaya entsiklopediya. - URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/3D-printer> Data obrashcheniya: 20.05.2015
4. Obzor raskhodnykh materialov dlya 3d printerov (Review of // 3DToday. - URL: <http://3dtoday.ru/industry/obzor-raskhodnykh-materialov-dlya-3d-printerov.html> Retrieved 20.05.2015
5. PLA-plastik dlya 3D-pechati (PLA plastic for 3D printing) // Entsiklopediya 3D-pechati. - URL: http://3dtoday.ru/wiki/PLA_plastic/ Retrieved 20.05.2015
6. Proekt RepRap (RepRap Project)// Vikipediya - svobodnaya entsiklopediya. - URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Proekt_RepRap Retrieved 20.05.2015
7. 10 pravil podgotovki modeli k 3D pečhati (10 rules of preparing a model for 3D printing) – URL: <http://habrahabr.ru/post/196182/> Retrieved 07.06.2015
8. Proizvoditeli 3D-printerov (3D printer producers) // 3DToday. - URL: <http://3dtoday.ru/3d-printers/producers/> Retrieved 20.05.2015
9. Stratasys // PLMPedia. - URL: <http://plmpedia.ru/wiki/Stratasys> Retrieved 07.06.2015
10. Kupit 3D printery Rapid Shape. Osnovnye svedeniya. (Buy Rapid Share 3D printers. Basic information) // 3D List. Vsyo o rynke 3D-pechati. - URL: <http://3dlist.ru/catalog/list/3d-printer-rapidshape/> Retrieved 20.05.2015
11. 3D printer Rapid Shape (Rapid Shape 3D printer). - URL: http://3d_print.jofo.ru/222753.html Retrieved 20.05.2015

12. Auslender D. 3D-printer na MKS napechatal gaechny klyuch. (3D printer printed a wrench at ISS) - URL: <http://hi-news.ru/space/3d-printer-na-mks-napechatal-gaechnyj-klyuch.html> Retrieved 20.05.2015.

3D-PRINTERS: HISTORY AND TECHNOLOGIES OF THREE-DIMENSIONAL PRINTING

N.V. KUSHNIR, A.V. KUSHNIR, A.M. GERASHCHENKO, A.D. TYRTYSHNY

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya St., Krasnodar, 350072, Russian Federation, 350072
email: kushnir.06@mail.ru*

Nowadays three-dimensional printing is one of the most perspective and actual technologies, making it possible to automatize manufacturing a wide range of objects. Creating objects with the help of 3D printers is highly accurate and excludes subjective human errors. In the given article the history of 3D printing, its technology and classification, the principles of 3D printer operation, the cost of materials, the leading manufacturing companies in the field of 3D printing are analyzed. The materials of the articles can be used for training bachelors studying such disciplines as “Information systems and technology” and “Applied packs of computer graphics”.

Key words: 3D-printers, three-dimensional printing, 3D-printing.