

результаты публичной отчетности за ряд лет, т.е. имеет место динамика развития организации, что дает возможность оценить экономическое, финансовое, техническое состояние фирмы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1) С.Н.Михайлов, Е.В.Чаплыгина: издание эк журнала «Экономика, управление и учет на предприятии» статья «Оценка уровня инвестиционной конкурентоспособности предприятий строительной отрасли». – Москва: Феникс, 2011.-30 с.

УДК 69:004:356:2

#### **3D печать**

Павловская И.И., Авраменко Ю.А.  
(научный руководитель – Гурьева О.О.)  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

3D печать также известна как компьютерное моделирование или альтернативное конструирование. Это процесс воссоздания реального объекта по образцу 3D модели. Цифровая 3D модель сохраняется в формате файла STL и передается на печать 3D принтеру.

3D-принтер – это специальное устройство для вывода трёхмерных данных. В отличие от обычного принтера, который выводит двумерную информацию на лист бумаги, 3D-принтер позволяет выводить трёхмерную информацию, т.е. создавать определённые физические объекты. В основе технологии 3D-печати лежит принцип послойного создания (выращивания) твердой модели.

Технология изготовления физических трехмерных объектов с использованием цифровых данных была впервые разработана Чарльзом Хуллом в 1984 г. В 1986 г. он получил патент на свое изобретение и назвал данную технологию стереолитография. В то время как к концу 1988 г. технологии 3D копирования получили широкую популярность, появились новые технологии: моделирование методом наплавления (Fused Deposition Modeling (FDM)) и ме-

тод селективного лазерного спекания (Selective Laser Sintering (SLS)).

Изучив современные технологии 3D принтеров, мы подразделили их на две группы:

1. Принтеры, которые для создания какого-либо объекта выдавливают, выливают или распыляют материал:

### **1.1 FDM (fused deposition modeling)**

Технология FDM используется в кулинарных и биомедицинских целях. Кулинарный принтер печатает глазурью, тестом, сыром. А биомедицинские живыми чернилами, т.е. набором живых клеток с использованием специального медицинского геля. В быту данные 3D-принтеры могут применяться для создания самых разных объектов целевого назначения: игрушек, украшений и сувениров.

3D-принтеры, работающие на основе технологии FDM, создают детали слой за слоем, нагревая термопластичный материал до полужидкого состояния и выдавливая его в соответствии с путями, задаваемыми на компьютере.

Для выполнения задания печати технология FDM использует два материала: материал для моделирования, из которого будет состоять готовый компонент, и вспомогательный материал, используемый для поддержки.

Когда 3D-принтер завершает создание детали, пользователь отделяет вспомогательный материал или растворяет его в водном растворе моющего средства, после чего деталь готова к использованию.

#### Недостатки:

а) пластик плавиться и распространяется во все стороны, контролировать этот процесс практически невозможно, поэтому модели, которые напечатаны посредством технологии FDM имеют ярко выраженную рельефную поверхность, обрабатывая которую точность теряется.

#### Преимущества:

а) печать с помощью технологии FDM отличается чистотой, простотой в использовании и пригодна для применения в офисах предприятий, организаций;

б) детали из термопластика устойчивы к нагреванию, химическим реагентам, влажной или сухой среде и механическим нагрузкам;

в) растворимые вспомогательные материалы позволяют создавать сложные геометрические формы и полости, которые было бы сложно получить традиционными методами производства.

## **1.2 Технология Polyjet**

Принтеры, основанные на технологии Polyjet используются в промышленном прототипировании т.е. при создании опытного образца или работающей модели для демонстрации заказчику или проверки возможности реализации. Также его применяют при создании медицинского оборудования.

Трехмерная печать PolyJet похожа на струйную печать документов. Однако вместо струйной подачи чернил на бумагу 3D-принтеры PolyJet выпускают струи жидкого фотополимера, который образует слои на модельном лотке и фиксируется ультрафиолетовым излучением. Слои создаются последовательно для создания трехмерной модели или прототипа. Полностью затвердевшие модели можно сразу же брать и использовать без необходимости дополнительного последующего затвердевания. Помимо выбранного модельного материала, 3D-принтер также использует гелеобразный вспомогательный материал, для поддержки выступов и сложных геометрических форм. Он легко удаляется вручную и с помощью воды.

### Недостатки:

а) печатает только с использованием фотополимера — узкоспециализированный, дорогой пластик, как правило, чувствительный к УФ и достаточно хрупкий.

### Преимущества:

- а) толщина слоя до 16 микрон (клетка крови 10 микрон);
- б) быстро печатает, так как жидкость можно наносить очень быстро;
- в) возможность печати различными материалами.

## **1.3 Laser engineered net shaping (Lens)**

Поскольку до появления этой технологии печатать можно было только объекты из пластика, к 3D печати особенно серьезно никто не относился, а эта технология, открыла двери для 3D печати в

“большую” промышленность. Порошки различных материалов можно смешивать и получать таким образом сплавы, на ленту. Именно по такой технологии печатают стальные и титановые объекты, например, титановые лопатки для турбин с внутренними каналами охлаждения.

С помощью энергии оптоволоконного лазера, мощность которого составляет порядка 400 Ватт, и металлической пудры эта система слой за слоем напыляет металлические объекты с разрешением до 0,025 мм. Весь процесс от начала печати и до завершающей термической обработки происходит при температуре более 1000°C в заполненной аргоном герметичной камере, что исключает возможность окисления и попадания примесей в металл. При габаритах 1x1x1,5 м рабочая зона принтера составляет 100x100x100 мм. Максимальная скорость осаждения слоев до 80 г/ч. В конструкцию встроен измельчитель, позволяющий владельцу изготавливать сырье для принтера самостоятельно.

#### **1.4 LOM (laminated object manufacturing)**

Изобретен для прототипирования будущих изделий и создания объемных ландшафтов местности.

Объект формируется послойным склеиванием тонких плёнок рабочего материала (бумага, ламинат, металлическая фольга и даже керамика), с помощью лазерного луча или режущим инструментом вырезаются соответствующие контуры на каждом слое.

##### Недостатки:

а) точность изготовления деталей по технологии LOM заметно уступает другим способам 3D-печати.

б) Технология не слишком подходит для создания сложных объектов, поскольку не позволяет создавать полости.

##### Преимущества:

а) используется недорогие материалы, а получаемые модели отличаются повышенной прочностью.

2. Принтеры, которые для создания какого-либо объекта плавят или склеивают материал:

#### **2.1 SL (Stereolithography) Стереолитография.**

Используется в создании конструкторских и дизайнерских прототипов, а также при изготовлении электродов для электроэрозионной обработки, в восстановлении объектов по данным рентгенов-

ской, акустической или ЯМР-томографии в медицине, криминалистике, археологии и др.

3D модель разбивается на слои, которые затем последовательно формируются. Вместо порошка или пластика здесь используется фотополимер, который закрепляется или отверждается ультрафиолетом. Ультрафиолет воздействует выборочно: те участки, которые им засветились, затвердевают.

После того, как один слой закончен, платформа опускается еще на один слой (обычно от 0,05 мм до 0,15 мм (0,002 "до 0,006"). Опять включается ультрафиолет. И так слой за слоем. После построения части погружаются в химическую ванну для того, чтобы быть очищенными от избытка смолы и затем закрепляются в ультрафиолетовой ванне.

Недостатки:

- а) высокая цена;
- б) фотополимер зачастую бывает токсичным поэтому при работе с ним нужно пользоваться средствами защиты и респираторами.

Преимущества:

- а) точность до 10 микрон;
- б) для спекания фотополимера достаточно лазера от Blu-ray проигрывателя, благодаря чему на рынке появляются дешевые при этом точные принтеры работающие по такой технологии;
- в) имеется возможность визуализации газо- и гидродинамических потоков внутри моделей.

## **2.2 LS (laser sintering)**

Используется в микроэлектронной промышленности и медицине (протезирование).

В данном методе селективного лазерного спекания объект формируется путем выборочного спекания порошка (металла, керамики), слой за слоем в контур будущей детали.

Недостатки:

- а) поверхность получается пористая;
- б) некоторые порошки взрывоопасны, поэтому должны храниться в камерах, заполненных азотом;

в) спекание происходит при высоких температурах, поэтому готовые детали долго остывают, в зависимости от размера и толщины слоев, некоторые предметы могут остывать до одного дня.

Преимущества:

а) менее вероятно, что деталь сломается в процессе печати, так как сам порошок выступает надежной поддержкой

б) материалы в порошковой форме довольно легко найти в продаже в том числе это могут быть: бронза, сталь, нейлон, титан.

### **2.3 3DP (threedimensionalprinting)**

Изготавливает макеты сооружений и зданий, а также рельефные отображения ландшафтов. Также 3DP широко используется для маркировки, оценки цвета, тестирования формы, создания объемных и наглядных учебных пособий.

Рабочая камера принтера состоит из двух частей: в первой происходит подача порошка, во второй – построение модели. Процесс печати выглядит так: исходный материал распределяется тонким слоем на плоскости камеры построения, после чего на слой наносят связующее вещество, с помощью которого отдельные частицы материала склеиваются между собой. После этого платформа с порошком смещается вниз на толщину одного слоя и процедура наращивания повторяется.

Недостатки:

а) на выходе получается достаточно грубая поверхность, с невысоким разрешением ~ 100 микрон;

б) материал нужно подвергать постобработке (запекать), чтобы придать ему необходимые свойства.

Преимущества:

а) так как используется клей, в него можно добавить краску и таким образом печатать цветные объекты;

б) технология относительно дешевая и энергоэффективная;

в) можно использовать в условиях дома или офиса;

г) можно печатать использовать порошок стекла, костный порошок, переработанную резину, бронзу и даже древесные опилки. Используя похожую технологию можно печатать съедобные объекты например из сахара или шоколадного порошка. Порошок склеивается специальным пищевым клеем, в клей может добавляться краситель и ароматизатор.

**Вывод:** Мы убедились, что в этом направлении технологии развиваются очень стремительно. Эта инновация открывает перед нами новые возможности, с помощью которых человечество сможет создавать нечто совершенно новое и удивительное. И мы уверены, что по прошествии небольшого времени эти технологии или их производные будут использоваться повсеместно, как в тяжелой и космической промышленности, строительстве, так и в повседневной жизни каждого человека.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1) Lipson H., Kurman M. Fabricated: The New World of 3D Printing/ Wiley, 2013. – 280 с.
- 2) Электронный ресурс/URL:<http://www.stratasy.com/ru-ru/3d-printers/technologies/fdm-technology>
- 3) Электронный ресурс/URL:<http://www.3dprinter.net/>
- 4) Электронный ресурс/URL: <http://3dprintingindustry.com/>

УДК 658.518.012(083.84)

#### **Оценка эффективности программных комплексов, используемых для управления проектами в строительстве**

Якубовский Д.В.

(научный руководитель – Голубова О.С.)

Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

В настоящее время для повышения эффективности строительного производства большая роль отводится внедрению и широкому использованию системы управления проектами. Управление - это процесс планирования, организации, мотивации и контроля, необходимый для того, чтобы сформулировать и достичь подавленных целей. Проект - это любой обладающий определенной степенью уникальности комплекс мероприятий, с помощью которого к заданному сроку должна быть достигнута некоторая цель или система целей.