

*Sergey A. Vybornov,*  
lecturer;

*Venera S. Mullakaeva,*  
lecturer,  
Tashkent State University n.a. Nizami;

## Possibilities of Application Three-Dimensional Printing in Educational Process

**Key words:** *three-dimensional modeling, prototyping, filaments, slicer, G code, extrusion printing, stereolithography, ABS, PLA, nylon, HIPS.*

**Annotation:** *the article describes some of the features the application of three-dimensional modeling and prototyping in the learning process. On the examples of several disciplines shows the use of this technology. The article also describes the basic concepts of three-dimensional modeling, types and working principles of the 3D printer, the materials used for printing 3D.*

В настоящее время развитие технологий открывает новые возможности имеющихся ранее научных и технических достижений. Рассмотрим некоторые из них с точки зрения не только обычного пользователя, но и взглядом педагога, использующего в своей учебной практике современные технические и инновационные разработки.

Применение современных достижений в образовании всегда являлось одним из основных требований к деятельности педагога. В современных реалиях это становится еще более актуальной задачей по причине того, что преподавателя окружают множество технологических новинок, начиная от персональных компьютеров, планшетов и других мобильных устройств и заканчивая нанотехнологиями и виртуальной реальностью, которые влияют на процесс преподавания гуманитарных и технических наук.

Рассмотрим внедрение визуального наглядного представления информации в процессе проведения учебных занятий. На сегодняшний день трехмерное моделирование не считается в мире чем-то новым и инновационным. Однако широкое распространение данная технология получила совсем недавно. Несколько лет назад некоторыми практикующими педагогами оспаривалось использование этой технологии вообще и в частности способы ее применения. В настоящее время большинство преподавателей используют в своей работе продукты трехмерной графики. Например, в электронных учебниках или при разработке уроков с применением презентационной графики.

С развитием технологий преподаватель получает в свое распоряжение новые технические средства и возможности. Технология трехмерной печати (другими словами – прототипирование, от англ. prototype) сейчас перешла на новый этап развития. Это связано с тем, что ранее оборудование, применяемое для данной технологии, характеризовалось высокой ценой и труднодоступностью к приобретению, а изделия, созданные на таком оборудовании также по причине дороговизны, были нерентабельными (проще и дешевле было заказать данный предмет у профессионального предприятия). Сейчас стоимость технологии создания макетов изделий значительно упала и оборудование, работающее по данной технологии,

перестало быть прерогативой крупных заводов и предприятий. Оно стало доступным для обычных пользователей и учебных заведений.

Для начала ознакомимся с основными принципами и понятиями 3д печати, после чего рассмотрим несколько возможных примеров использования технологии трехмерной печати в процессе обучения.

Печать моделей, созданных программами объемного моделирования либо отсканированных специально созданными 3д сканерами происходит тремя основными способами:

Самый доступный, распространённый, но в тоже время наименее качественный – это послойное нанесение филамента (особого пластика) по заданной специальной программой траектории. Эта программа, называемая «Слайсером», «разрезает» подготовленную модель на слои, и в специальном редакторе подготавливает текст последовательно выполняемых команд (называемый G-code) для принтера. Благодаря моторам, установленным на каждую из 3х осей принтера печатающая головка (управляется двумя осями – X и Y), из которой выдавливается нагретый расплавленный пластик наносит его заданной в программе толщиной на специально подготовленную ровную поверхность (ось Z). После нанесения одного слоя ось Z поднимается (или опускается) на заданное расстояние и процесс повторяется снова.

Второй способ печати трехмерных объектов называется «стереолитография». При печати этим методом рабочая область принтера заполняется специальной смолой, особенностью которых является способность затвердевать при попадании света. Чаще всего они твердеют по воздействию ультрафиолетового излучения. Посредством управляемого лазерного луча обводится слой заданного размера, затем платформа сдвигается по вертикали для создания следующего слоя. При ускоренном просмотре на процесс печати создается впечатление что модель просто вытягивается из жидкой среды.

Качество данной печати в разы превышает экструзионную печать, описанную в первом способе, но и стоимость оборудования и материалов также достаточно высока.

И, наконец третьим способом трехмерной печати является так называемое «спекание» или «склеивание», при котором на заранее заполненную определенным материалом (любой материал, измельченный до порошкообразного состояния) поверхность наносится по заданному шаблону клейкое вещество, которое быстро застывает. После застывания одного слоя происходит нанесения клея на следующий и так до окончания печати. Качество деталей, получившихся данным способом схоже с предыдущим, как и стоимость печатающего оборудования. Спекание происходит схожим методом только вместо клейкого вещества по заданному шаблону проходит лазерный луч расплавляя материал, нанесенный тонким слоем. После чего наносится следующий слой и т.д.

Цель настоящей статьи показать возможность и доступность трехмерной печати поэтому последние два способа, являющиеся дорогостоящими как в приобретении, так и в использовании (материалы труднодоступны и дороги) рассматривать дальше не будем.

Остановимся на первом и рассмотрим виды материалов, используемых для печати.

Приобрести в розницу такой принтер в настоящее время не представляется возможным. Отчасти это происходит благодаря малой известности этой технологии в нашей стране. Получается своеобразный замкнутый круг – продавцы не приобретают для продажи данный вид товаров так как нет спроса в связи с незнанием людей о возможностях трехмерной печати. А отсутствие в продаже 3д принтеров и материалов для печати не позволяет населению узнать о этих возможностях и попробовать 3д печать «вживую».

Рассмотрим, что представляет собой самый дешевый принтер. Данная модель является копией оригинального 3д принтера итальянской фирмы Prusa i3. Для начинающего пользователя его возможности вполне достаточны – распечатка различных моделей с удовлетворительным качеством и приемлемыми размерами. Однако после приобретения данного принтера он потребует от вас некоторых доработок, что бы печать была на необходимом уровне. А также этот принтер приходит в разобранном состоянии после его распаковки необходимо будет потратить определенное количество времени (возможно до нескольких дней) на его сборку.

Существуют модели, которые не требуют сборки и готовы к печати сразу после извлечения из коробки.

Однако при схожей (а иногда и превышающей) стоимости данные модели имеют гораздо меньшую область печати: так Prusa i3 имеет средние размеры печати 200x200x180мм (ШxДxB), а данная модель всего лишь 100x80x120мм.

Можно приобрести модель с относительно большой областью печати и не требующую сборки (и доработок), но и стоимость данных моделей уже выходит за пределы доступности большинства пользователей.

Также к приобретению доступны принтеры не с прямоугольной областью печати с формой в виде цилиндра с круглым основанием (столом).

А теперь рассмотрим, чем же печатают 3д принтеры.

Филамент (или пластиковая нить) бывает нескольких видов. К основным и наиболее распространённым относятся:

ABS – пластик, получаемый из нефтепродуктов. Плавится при высоких температурах, имеет достаточную прочность и жесткость. Имеет небольшую токсичность при нагревании, в связи не рекомендуется к применению для изготовления посуды и прочих подобных продуктов.

PLA – данный вид пластика получается из переработки сахарной свеклы, кукурузы или тростника, что делает его нетоксичным и безопасным, но это же обуславливает его относительную недолговечность.

По мимо основных существует множество других видов пластика, в их числе hips, нейлон, поликарбонат, полиэтилен и др. Все виды пластика имеют в своем ассортименте огромное количество цветов и текстур (так, например, существует пластик похожий на дерево или металл).

После приобретения принтера (его возможной сборки) и настройки моно приступить к печати. Для начала необходимо подготовить модель. ее можно создать самостоятельно, используя любую из множества программ трехмерного моделирования (например, AutoCAD, 3DSMax, SolidWorks, Blender и др.), а можно скачать готовые модели из интернета. Загружаем готовую модель в программу «Слайсер» и готовим G-код.

Далее возможны 2 пути:

1. Сохраняем g-code на флэш-накопителе, вставляем его в слот для чтения карт на принтере, через экран управления принтера выбираем нужную деталь и запускаем печать;
2. Используя программу RepetierHost печатаем модель напрямую с компьютера.

У каждого из путей свои плюсы и минусы. При печати с карты памяти вам нет необходимости весь процесс печати держать компьютер включенным (3д печать – достаточно продолжительное действие: например, на печать детали размером 10x10x10см со средним качеством детализации и 40% заполнением может потребоваться от 2 до 8 часов), но управлять такой печатью с помощью элементов управления 3д принтера сложно и неудобно. С другой стороны, управляя печатью с компьютера вы в любой момент можете поставить печать на паузу изменить настройки G-кода и т.д., но помимо необходимости продолжительного поддержания компьютера во включенном состоянии существует возможность его зависания, отключения по каким-либо причинам (сон, вирусы, недостаток памяти и пр.) если произойдет нечто подобное печать прервется и возобновить ее с прежнего места (без обширных знаний команд G-кода и измерений текущего положения головки принтера, детали и стола) будет невозможно.

Печать различными пластиками требует установку температур стола и экструдера. Так для печати PLA пластиком стол можно не подогревать совсем, а экструдер достаточно прогреть в среднем до 200 градусов. При печати пластиком ABS необходим подогрев стола до 100 градусов (а иногда и выше) и экструдера до 250-270. Так же ABS пластик очень не любит сквозняков и любого другого снижения температуры. Поэтому необходимо учитывать все условия печати и расположения принтера еще на этапе подготовки модели к печати.

Сегодня 3Д принтеры нашли широкое применение в автомобилестроении, архитектуре, проектировании, а также в образовании. Трехмерная печать – это новая технология, увеличивающая инновационный подход к обучению и предоставляющая новые возможности для всех участников образовательного процесса. Технология прототипирования создает вещественную модель исследуемого объекта, что позволяет полностью изучить и качественно оценить все его особенности, при этом весь этап трехмерной печати может быть продемонстрирован (или выполнен) обучаемым.

Школьникам будет удобно использовать трехмерные модели графиков функций, начиная от простых линейных и заканчивая тригонометрическими на занятиях алгебры, что позволит им понять и разобрать их свойства, а также разнообразить урок. А в преподавании геометрии или стереометрии без наглядных моделей обойтись нельзя, поскольку на этих занятиях развивается пространственное мышление учащихся. Изучая объемные фигуры, такие как параллелепипед, пирамида, шар и др., распечатанные на 3д принтере, ученик получает возможность рассмотреть их со всех сторон, выявить их свойства, лучше понять материал. У многих учеников вызывает трудности тема

«Сечение многогранников», когда они не могут представить, как проходит сечение и затрудняются при его построении в тетрадах. Вращая трехмерную модель многогранника в руках, они получают возможность правильно сформировать пространственный образ и выполнить поставленную задачу.

Пространственный образ также формируется на уроках географии при изучении ландшафта, рельефа местности, вулканических образований, различных геологических пород. Как правило, вся эта географическая информация изображается двумерно на бумажных картах, что затрудняет подробное их изучение. Технология трехмерного прототипирования позволит показать обучаемым информацию в объеме, который трудно изучить на двумерных картах. В трехмерных моделях карта местности представлена в трех измерениях, близкой к реальности, что позволит обучаемым по-новому подойти к изучению географической и геологической информации: уменьшенные модели гор, архипелагов, рек, строение земной коры, состав литосферы и многих других природных объектов.

К предметам, на которых изучение тех или иных характеристик явлений и объектов осуществляется по методу, так скажем, «подержать в руках», относятся физика и химия. Здесь модели трехмерной печати будут очень полезны и увлекательны. Например, можно распечатать модель строения молекулярной кристаллической решетки, строения атома или различных химических соединений.

Использование трехмерной печати при изучении дисциплин в технических вузах способствуют развитию технического мышления и технологических умений студентов. Здесь они могут не только пользоваться готовыми моделями, но и самостоятельно создавать их, параллельно оценивая правильность и точность моделируемого объекта. Например, будущими архитекторами, могут быть распечатаны 3д модели различных сооружений: высотного дома, моста, современного торгового центра или даже целого города. До сих пор макеты будущих проектов изготавливались «от руки», на что уходило очень много времени и много затрат. Кроме этого созданный макет мог содержать некоторые ошибки и неточности. Сейчас всю эту рутинную работу сделает 3д программа (не сложная в использовании), установленная на компьютере, а принтер красиво распечатает. Эта новая технология на много упростит и сократит время создания проекта.

Без «трехмерного» внимания не осталась и медицина. Здесь, как в никакой другой области, лечащими врачами, хирургами широко используются объемные модели, которые также можно применять при обучении студентов медицинских вузов. Целесообразно будет использование 3д технологий будущими хирургами, когда необходимо правильно выполнить диагностику больного органа, конкретно изучить причины патологии и грамотно подготовиться к выполнению операции. Использование трехмерного прототипирования при обучении студентов-медиков повысит в них уверенность, интерес к будущей работе и ответственность.

Изначально технология трехмерного моделирования использовалась в анимационных фильмах, компьютерных играх. Значительно изменилось применение этой технологии с появлением 3д принтеров, в частности, в преподавании различных дисциплин. Несомненно, элементы трехмерной печати улучшают образовательный процесс, повышают наглядность преподавания и уровень восприятия материала. У обучаемых

растет интерес к учебе, развивается пространственное мышление, появляются навыки работы с трехмерными моделями в процессе их проектирования и печати, в частности, в умении создавать высокоточные объекты и применении их в своей практической учебной деятельности. Учебный процесс становится совершенно иным с внедрением в него технологии трехмерного моделирования.