

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-ПРОТОТИПИРОВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Лейбов А.М., Каменев Р.В., Осокина О.М.

*ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный педагогический университет», Новосибирск, Россия (630126, Новосибирск, ул. Вилуйская, 28), e-mail: [zavuch77@gmail.com](mailto:zavuch77@gmail.com)*

В статье описываются современные технологии трёхмерной печати (стереолитография, лазерное спекание порошковых материалов, послойная печать расплавленной полимерной нитью, технология струйного моделирования, технология склеивания порошков, ламинирование листовых материалов, облучение ультрафиолетом через фотомаску), даются рекомендации по выбору аппарата прототипирования для использования в образовательном процессе, описываются методические и педагогические аспекты применения данной технологии в образовательном процессе. Авторами рассмотрены возможности применения технологий объёмной печати в образовательном процессе при изучении дисциплин «Детали машин» и «Инженерная графика» на факультете технологии и предпринимательства педагогического вуза. Приведены результаты экспериментальной работы по использованию технологий 3D-моделирования и 3D-прототипирования при изучении курса «Детали машин», которые способствуют более эффективному формированию уровня профессиональной подготовки бакалавров педагогического образования, чем изучение курса «Детали машин» по традиционной методике.

Ключевые слова: информационно-коммуникационные технологии, технологии 3D-печати, быстрое прототипирование, 3D-принтеры, объёмная печать.

## APPLICATION OF 3D TECHNOLOGIES PROTOTYPING IN EDUCATIONAL PROCESS

Leybov A.M., Kamenev R.V., Osokina O.M.

*FSBEI HPE «Novosibirsk State Pedagogical University», Novosibirsk, Russia (630126, Novosibirsk, ul. Viluiskaya, 28), e-mail: [zavuch77@gmail.com](mailto:zavuch77@gmail.com)*

This article describes the modern technology of three-dimensional printing (stereolithography, laser sintering of powder materials, lamellar printing molten polymer thread, technology jet simulation, technology bonding powders, laminating sheet materials, UV irradiation through a photomask), provides guidance on the choice of prototyping machine for use in the educational process, described methodological and pedagogical aspects of the application of this technology in the educational process. The authors have considered the possibility of using technology of volume printing in the educational process in the study of the disciplines "Details of machines" and "Engineering Graphics" at the Faculty of Technology and Business pedagogical high school. Show the results of experimental work on the use of 3D modeling technologies and 3D prototyping of the study course "Details of machines" that contribute to a more efficient formation of the professional skills of bachelors pedagogical education than the study course "Details of machines" according to traditional methods.

Keywords: information and communication technologies, 3D-printing technology, rapid prototyping, 3D-printers, volume printing.

Сегодняшний день заставляет по новому оценивать возможности, представляемые нам разного рода техническими и научными достижениями. Есть возможность взглянуть на данные вопросы не только взглядом обывателя и потребителя, но и взглядом педагога с целью применить современные технические и технологические новинки в образовательном процессе школы, вуза или других учебных заведений.

В общем-то данный процесс (применение современных достижений в образовании) не является новым. Всегда находились новаторы, которые поднимали на флаг образования новые технологии, пытались нести их в более широкие массы. И натыкались на стену непонимания и неодобрения, но преодолев человеческие стереотипы все-таки побеждали.

Тоже можно сказать и про сегодняшнюю ситуацию в современном образовании. Сегодня на преподавателя обрушивается большой поток современных технологических новинок, научных инноваций, начиная с нанотехнологий, заканчивая банальными компьютерно-коммуникационными технологиями, которые оказывают влияние как на гуманитарные сферы образования, так и технические.

Хотелось бы обратить свой взор на процессы визуализации в образовании, а точнее на процесс представления графической информации. Сегодня трехмерное моделирование (или 3D-моделирование) уже не является новинкой, но еще 5-7 лет назад бурно шли споры среди педагогов-теоретиков и практиков: нужна ли эта технология, и как её применять. Время решило всё само и показало нужность и эффективность данного направления визуализации. Теперь педагогам-методистам приходится разрабатывать и придумывать различные технологии применения 3D-моделей и объектов в образовательном процессе, и никто не задаёт вопрос: «Зачем это нужно?» [1-3].

Но прогресс не стоит на месте и предлагает новые технологии на вооружение педагогам-новаторам. Выходит на новый виток технология быстрого прототипирования (RP – rapid prototype), которая начала развиваться около лет 10 назад, но из-за дороговизны применяемого оборудования оставалась уделом крупных коммерческих предприятий [5]. Сегодня данные технологии создания прототипа изделия значительно подешевели и «шагнули» за рамки предприятий в повседневное использование и, что закономерно, в образовательное учреждение. С внедрением и применением устройств быстрого прототипирования стало возможным промоделировать полный цикл создания изделия, проиллюстрировать его жизненный цикл от этапа проектирования до этапа изготовления. Увидеть будущую модель, а в некоторых случаях и реальную не только на экране монитора, но и в твердой копии – это бесценное подспорье для преподавателя как в области развития наглядности учебного процесса, так и в области мотивации и в процессе овеществления продуктов труда.

Рассматривать применение технологии быстрого прототипирования в образовании можно с разных точек зрения: педагогической, методической и технологической.

В поддержку применения данной технологии в образовательном процессе выступают требования нормативных документов, содержащиеся в Федеральных государственных образовательных стандартах нового поколения [7]. Если рассматривать требования к подготовке будущих выпускников, то можно увидеть во ФГОСах компетенции, отвечающие за формирование вышеупомянутых знаний.

Общекультурные компетенции: готов использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, готов работать с компьютером как средством управления информацией (ОК-8); способен работать с информацией в глобальных

компьютерных сетях (ОК-9); способен понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны (ОК-12).

Профессиональные компетенции: готов применять современные методики и технологии, в том числе и информационные, для обеспечения качества учебно-воспитательного процесса на конкретной образовательной ступени конкретного образовательного учреждения (ПК-2); способен использовать возможности образовательной среды, в том числе информационной, для обеспечения качества учебно-воспитательного процесса (ПК-4).

Кроме этого, в соответствии с ФГОС, одним из определяющих факторов подготовки выпускника-бакалавра является мнение работодателя, заказчика кадров. Неоспоримо, что работодатель будет заинтересован в специалисте, владеющем всеми современными технологиями, применяемыми на производстве, в жизни и в образовании.

В процессе проведения исследования была сформулирована цель: изучение особенностей технологии быстрого прототипирования и возможностей их использования в образовательном процессе. Говоря о технологии быстрого прототипирования, можно сказать, что она практически не отличается от печати на бумаге, это и есть печать, только объемных моделей путем послойного создания будущего изделия. Быстрое прототипирование – это технология быстрого «макетирования», быстрого создания опытных образцов или работающей модели системы для демонстрации заказчику или проверки возможности реализации [6]. Прототип позже уточняется для получения конечного продукта. Таким образом, прототип получается с помощью специальных аппаратов – 3D-принтеров, из специального материала – пластика. Технологии создания прототипа изделия различны, и их можно разделить на основные типы: стереолитография; лазерное спекание порошковых материалов; послойная печать расплавленной полимерной нитью; технология струйного моделирования; технология склеивания порошков; ламинирование листовых материалов; облучение ультрафиолетом через фотомаску.

Данная классификация не является устоявшейся, но отражает почти все технологии, применяемые на сегодняшний день [6]. Рассмотрим упомянутые технологии подробнее.

**Стереолитография** (Stereo Lithography Apparatus, или сокращённо SLA) благодаря низкой себестоимости готовых изделий получила наибольшее распространений среди технологий 3D-печати. Технология SLA состоит в следующем: сканирующая система направляет на фотополимер лазерный луч, под действием которого материал твердеет. В качестве фотополимера используется хрупкий и твёрдый полупрозрачный материал, который коробится под действием атмосферной влаги. Материал легко склеивается, обрабатывается и окрашивается. Рабочий стол находится в ёмкости с фотополимерной композицией. После прохождения лазерного луча и отверждения очередного слоя его рабочая поверхность

смещается вниз на 0,025-0,3 мм.

**Лазерное спекание порошковых материалов** (Selective Laser Sintering, или просто SLS) является единственной технологией 3D-печати, которая может быть использована для изготовления металлических формообразующих для металлического и пластмассового литья. Пластмассовые прототипы обладают хорошими механическими свойствами, благодаря которым они могут быть использованы для изготовления полнофункциональных изделий. В SLS-печати используются материалы, близкие по своим свойствам к конструкционным маркам: металл, керамика, порошковый пластик. Порошковые материалы наносятся на поверхность рабочего стола и запекаются лазерным лучом в твёрдый слой, соответствующий сечению 3D-модели и определяющий её геометрию.

**Послойная печать расплавленной полимерной нитью** (Fused Deposition Modeling, или просто FDM) применяется для получения единичных изделий, приближенных по своим функциональным возможностям к серийным изделиям, а также для изготовления выплавляемых форм для литья металлов. Технология FDM-печати заключается в следующем: выдавливающая головка с контролируемой температурой разогревает до полужидкого состояния нити из ABS-пластика, воска или поликарбоната, и с высокой точностью подаёт полученный термопластичный моделирующий материал тонкими слоями на рабочую поверхность 3D-принтера. Слои наносятся друг на друга, соединяются между собой и отвердевают, постепенно формируя готовое изделие.

**Технология струйного моделирования.** (Ink Jet Modelling) имеет следующие запатентованные подвиды: 3D-Systems (Multi-Jet Modeling или MJM), PolyJet (Objet Geometries или PolyJet) и Solidscape (Drop-On-Demand-Jet или DODJet). Перечисленные технологии функционируют по одному принципу, но каждая из них имеет свои особенности. Для печати используются поддерживающие и моделирующие материалы. К числу поддерживающих материалов чаще всего относят воск, а к числу моделирующих – широкий спектр материалов, близких по своим свойствам к конструкционным термопластам. Печатающая головка 3D-принтера наносит поддерживающий и моделирующий материалы на рабочую поверхность, после чего производится их фотополимеризация и механическое выравнивание. Технология струйного моделирования позволяет получить окрашенные и прозрачные модели с различными механическими свойствами, это могут быть как мягкие, резиноподобные изделия, так и твёрдые, похожие на пластики.

**Технология склеивания порошков** (Binding powder by adhesives) позволяет не просто создавать объёмные модели, но и раскрашивать их. Принтеры с технологией binding powder by adhesives используют два вида материалов: крахмально-целлюлозный порошок, из которого формируется модель, и жидкий клей на водной основе, проклеивающий слои порошка. Клей поступает из печатающей головки 3D-принтера, связывая между собой частицы порошка и

формируя контур модели. После завершения печати излишки порошка удаляются. Чтобы придать модели дополнительную прочность, её пустоты заливаются жидким воском.

**Ламинирование листовых материалов** (Laminated Object Manufacturing, или LOM) предполагает изготовление 3D-моделей из бумажных листов при помощи ламинирования. Контур очередного слоя будущей модели вырезается лазером, а ненужные обрезки режутся на небольшие квадратики, которые впоследствии удаляются из принтера. Структура готового изделия похожа на древесную, но боится влаги.

**Облучение ультрафиолетом через фотомаску** (Solid Ground Curing, или SGC) предполагает создание готовых моделей из слоёв распыляемого на рабочую поверхность фоточувствительного пластика. После нанесения тонкого слоя пластика он через специальную фотомаску с изображением очередного сечения обрабатывается ультрафиолетовыми лучами. Неиспользованный материал удаляется при помощи вакуума, а оставшийся затвердевший материал повторно облучается жёстким ультрафиолетом. Полости готового изделия заполняются расплавленным воском, который служит для поддержки следующих слоёв. Перед нанесением последующего слоя фоточувствительного пластика предыдущий слой механически выравнивается.

Многообразие технологий заставляет задуматься о том, какой принтер лучше приобрести, но стоимость самого принтера не до конца определяет выбор. Сейчас на первый план выходит не столько цена объекта (3D-принтера), сколько стоимость его эксплуатации и обслуживания, так называемая стоимость владения. А она в свою очередь складывается из многих факторов: цены самого принтера, цены расходных материалов и объема их расходования на единицу изделия и, конечно же, качества получаемого продукта-изделия. Исходя из этих соображений, был проведен анализ по подбору оптимального принтера. При этом руководствовались следующими критериями при выборе персональных 3D-принтеров: цена, расходные материалы, количество печатающих головок, толщина слоя, скорость печати, область печати, тонкости и сложности управления 3D-принтером, конструкция 3D-принтера. Проведя анализ этих характеристик, нами был определен на сегодняшний день самый простой и доступный для домашнего пользования и для использования в образовательном процессе 3D-принтер – UP Plus 2. Он оснащен полностью автоматизированной системой калибровки платформы, которая способна регулировать наклон и высоту, и даже расстояние между платформой и соплом экструдера. Принтер разработан для быстрой, профессиональной печати и адаптирован для массового использования. Одним из плюсов данного принтера заключается и в том, что при отключении питания мотор плавно прекращает работу, а воздействие статического электричества значительно уменьшено за счет усовершенствованной системы проводки.

Теперь хочется более подробно рассмотреть варианты использования технологии

3D-печати в образовательном процессе, что само по себе открывает новые возможности как для преподавателей, так и для обучающихся [4]. До сих пор возможности современных технологий позволяли при обучении графическим и техническим дисциплинам смоделировать объект на экране монитора, оценить получившуюся единичную модель или сборку виртуально, что, в принципе, являлось достаточно большим прорывом по сравнению с традиционными «бумажными» технологиями.

Применение 3D-печати дает возможность пойти еще дальше – создать вещественную копию моделируемого объекта. Это даст возможность не только рассмотреть проектируемую деталь, но и оценить другие её характеристики. Кроме этого, студентам будет продемонстрирован полный цикл создания изделия: от этапа проектирования, до этапа воплощения детали в конечном материале. К примеру, на занятиях по инженерной графике студенты, наиболее правильно смоделировавшие деталь в 3D, смогут оценить её правильность, воспроизведя изделие в реальном материале. На занятиях по дисциплине «Детали машин» у студентов будет возможность не только рассчитать редуктор математически и смоделировать его на экране монитора, но и собрать его в реальном размере либо в соответствующем масштабе. А мотивация студентов при работе на занятиях зависит от преподавателя: можно распечатать лучшие проекты, проекты наиболее сложные или наиболее экономичные и т.д. Кроме этого, применение 3D-принтеров в инженерном техническом образовании незаменимо в научно-исследовательской работе студентов, при выполнении курсовых и дипломных проектов.

В связи с вышесказанным возникла необходимость выяснения степени влияния 3D-моделирования и 3D-прототипирования на уровень профессиональной подготовки бакалавров. В ходе проведения экспериментальной работы на начальном этапе нами было проведено анкетирование студентов по выявлению знаний и навыков в области 3D-моделирования и 3D-прототипирования. Анализ ответов на разработанную анкету позволил сделать следующие выводы: большинство студентов знают о существовании основных программных продуктов по созданию трехмерных моделей и аппаратов прототипирования – 3D-принтерах, 95% студентов знают несколько моделей 3D-принтеров, но не имеют знаний и навыков по работе с ними; 98% студентов считают, что знания и умения применять на практике технологии прототипирования необходимы: для успешного освоения дисциплин профессионального блока; для более быстрого освоения новых, еще неизвестных студентам моделей аппаратов прототипирования; для дальнейшей профессиональной деятельности.

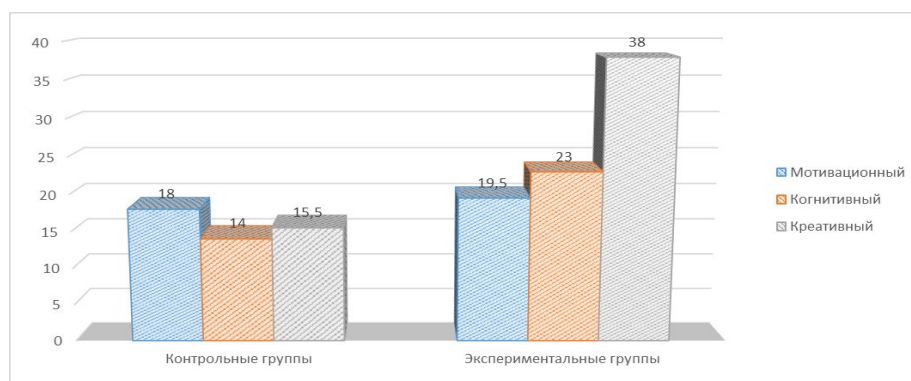
Было сделано предположение о том, что внедрение в образовательный процесс технологий 3D-моделирования и 3D-прототипирования повышает эффективность обучения, обогащает их знаниями в области технических дисциплин, а также развивает техническое

мышление и формирует технологические умения.

Перед изучением деталей машин как в контрольных, так и экспериментальных группах было проведено тестирование и даны задания на определение начального уровня сформированности: мотивационного, когнитивного и креативного критериев профессиональной подготовки бакалавров педагогического вуза.

Результаты показали, что перед изучением курса студенты всех групп имеют примерно одинаковые показатели по всем критериям профессиональной подготовки. По завершении изучения курса с применением технологий 3D-моделирования и 3D-прототипирования и традиционного были вновь проанализированы уровни мотивационного, когнитивного и креативного компонентов профессиональной подготовки.

Получив количественные результаты сформированности компонентов профессиональной подготовки на обучающем этапе экспериментальной работы, мы проследили динамику развития всех компонентов (рисунок).



*Динамика сформированных показателей критериев профессиональной подготовки контрольных и экспериментальных групп в период обучающего этапа экспериментального исследования*

Из рисунка видно, что рост мотивационного критерия в контрольных и экспериментальных группах примерно одинаков, рост когнитивного критерия в экспериментальной на 9% выше, чем в контрольной, наибольший рост наблюдается при формировании креативного компонента профессиональной подготовки в экспериментальной группе (на 22,5%).

Анализируя результаты эксперимента, можно сделать вывод о подтверждении предположения о том, что внедрение технологий 3D-моделирования и 3D-прототипирования в образовательный процесс способствует более эффективному формированию уровня профессиональной подготовки, чем изучение дисциплины детали машин по традиционной методике.

## Список литературы

1. Вольхин К., Лейбов А., Астахова Т. Анализ использования Компас-3D в инженерном графическом образовании по итогам конкурсов в г. Новосибирске // САПР и графика. – 2010. – № 5 (163). – С. 97-100.
2. Вольхин К.А., Лейбов А.М. Проблемы формирования графической компетентности в системе высшего профессионального образования // Философия образования. – 2012. – Т. 43. – № 4. – С. 16-22.
3. Каменев Р., Лейбов А. Технологии дистанционного обучения при изучении прикладных библиотек Компас-3D // САПР и графика. – 2010. – № 12 (170). – С. 86-88.
4. Касатиков А.Д., Лейбов А.М., Осокина О.М. Современные информационные технологии в педагогическом процессе технологических факультетов педагогических вузов // Современное машиностроение. Наука и образование. – СПб. : Изд-во политехнического университета, 2014. – С. 60-67.
5. Крашенинников В.В., Лейбов А.М. Применение в преподавании графических дисциплин технологий быстрого прототипирования // Технологическое образование в XXI веке : материалы II Международной научно-практической конференции. – Новокузнецк : Изд-во КузГПА, 2005. – Т. 1. - С. 58-61.
6. Обзор технологий 3D-печати. - Режим доступа: <http://www.orgprint.com/ru/wiki/obzor-tehnologij-3D-pechati> (дата обращения: 06.09.2014).
7. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 050100 Педагогическое образование (квалификация (степень) «бакалавр»). - Режим доступа: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgos/5/20111207163943.pdf> (дата обращения: 15.09.2014).

**Рецензенты:**

Трофимов В.М., д.ф.-м.н., профессор кафедры информационных систем и программирования Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар;

Ануфриева Д.Ю., д.п.н., профессор, заведующий кафедрой педагогики и психологии профессионального образования ФТиП Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск.