

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-5>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/220PVN515.pdf>

DOI: 10.15862/220PVN515 (<http://dx.doi.org/10.15862/220PVN515>)

УДК 378.1

Заседатель Вячеслав Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

«Институт дистанционного образования»

Россия, Томск¹

Специалист в области разработки электронных средств учебного назначения

E-mail: zevs@ido.tsu.ru

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=504630

Образовательный потенциал технологий быстрого прототипирования

¹ 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36

Аннотация. Технологии быстрого прототипирования в последние годы развиваются очень быстрыми темпами и активно внедряются во многие сферы современной жизни. Благодаря своим особенностям, они обладают большим потенциалом для их внедрения в образовательный процесс учебных заведений всех уровней образования. Данные технологии могут не только стать в будущем предметом изучения, но и способствовать появлению новых форм обучения, исследовательских методик, повышению мотивации, развитию новых компетенций учащихся и преподавателей.

Использование технологий быстрого прототипирования в образовательном процессе вуза может позволить решать целый класс образовательных и исследовательских задач. При этом преподавательский состав может разрабатывать методики применения данной технологии в зависимости от поставленных задач, для чего необходимы базовые компетенции в области получения и создания виртуальных моделей и использования соответствующего оборудования.

В статье автором определены основные этапы внедрения технологий быстрого прототипирования в учебный процесс вуза. Рассмотрены основные технологические процессы и материалы, которые могут применяться в зависимости от поставленных задач. Рассмотрены возможные сферы применения технологии в различных направлениях подготовки. Предложены методики развития необходимых компетенций и организации работы с оборудованием для преподавателей, которые предполагают разрабатывать свои учебные материалы.

Ключевые слова: высшее образование; информационные технологии; технологии быстрого прототипирования; трехмерная печать; трехмерное моделирование; организация учебного процесса; повышение качества образования; образовательные программы; компетенции преподавателей; формы обучения; методика преподавания.

Работа выполнена в рамках программы повышения конкурентоспособности ТГУ.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Заседатель В.С. Образовательный потенциал технологий быстрого прототипирования // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/220PVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/220PVN515

Технологии формирования объектов без механической обработки развиваются уже порядка полувека, но наиболее широкое распространение они получили с начала двухтысячных годов с развитием технологии быстрого прототипирования (3D-печати) и появлением соответствующих печатающих устройств (3D-принтеров). Суть этих технологий заключается в том что, объект формируется из отдельных слоев, которые создаются по компьютерной модели. Если изначально быстрое прототипирование применялось в основном в машиностроении, конструкторской деятельности, получении форм для производства, то на сегодняшний день сферы применения этой технологии значительно расширились – это архитектура, дизайн, искусство, медицина, пищевое производство, образование и т.п.

Образовательный процесс всегда опирался на информационные технологии, существующие на данном этапе их развития. Любая технология может стать как предметом изучения, так и изменить непосредственно сам процесс обучения. С начала процесса информатизации образования прошло не так много времени, но если он начинался с обеспечения образовательных организаций персональными компьютерами, а позже презентационным оборудованием, то в итоге это привело к появлению электронных форм обучения и пересмотру всех образовательных стандартов. Как правило, технологическая составляющая развивается намного быстрее, чем методики ее использования. На сегодняшний момент появилось много различных технологий, в том числе мобильные устройства, быстрый мобильный интернет, 3D-принтеры и сканеры, устройства виртуальной реальности. Все эти технологии становятся объектом пристального внимания многих исследователей и в дальнейшем могут привести к развитию методик и появлению новых форм обучения (например, мобильное обучение), если докажут свою эффективность.

Устройства быстрого прототипирования развиваются очень быстрыми темпами, на сегодняшний день существуют проекты по оснащению ими школ и других образовательных учреждений [1, 2], широко в литературе описана технологическая составляющая этих устройств [3, 4], но исследования, направленные на создание методик обучения с их помощью, начали появляться совсем недавно [5, 6]. Примечательно, что простота современных персональных печатающих устройств позволяет использовать их в школе начиная с 5-7 классов [7]. Еще более широкое применение они могут найти в вузе, где учебная деятельность тесно переплетается с исследовательской. Использование современного оборудования может значительно повысить мотивацию учащихся, дать возможность получать им объекты или методы исследований, которые были не доступны ранее. Для этого необходимо, чтобы данная технология была интегрирована непосредственно в учебный процесс, а преподаватели обладали необходимыми компетенциями.

На решение этой задачи направлено исследование, проводимое в Институте дистанционного образования (ИДО) Национального исследовательского Томского государственного университета (ТГУ) в рамках проекта «Разработка и реализация образовательных онлайн-проектов». Целью исследования является изучение образовательного потенциала 3D-технологий, целесообразности внедрения их в учебный процесс и возможностей для повышения качества образования.

В рамках проводимого исследования определены этапы, необходимые для внедрения технологии 3D-печати в образовательный процесс и развитие у преподавателей необходимых компетенций по его применению для разработки ими собственных образовательных методик. Данные этапы представлены на рисунке.

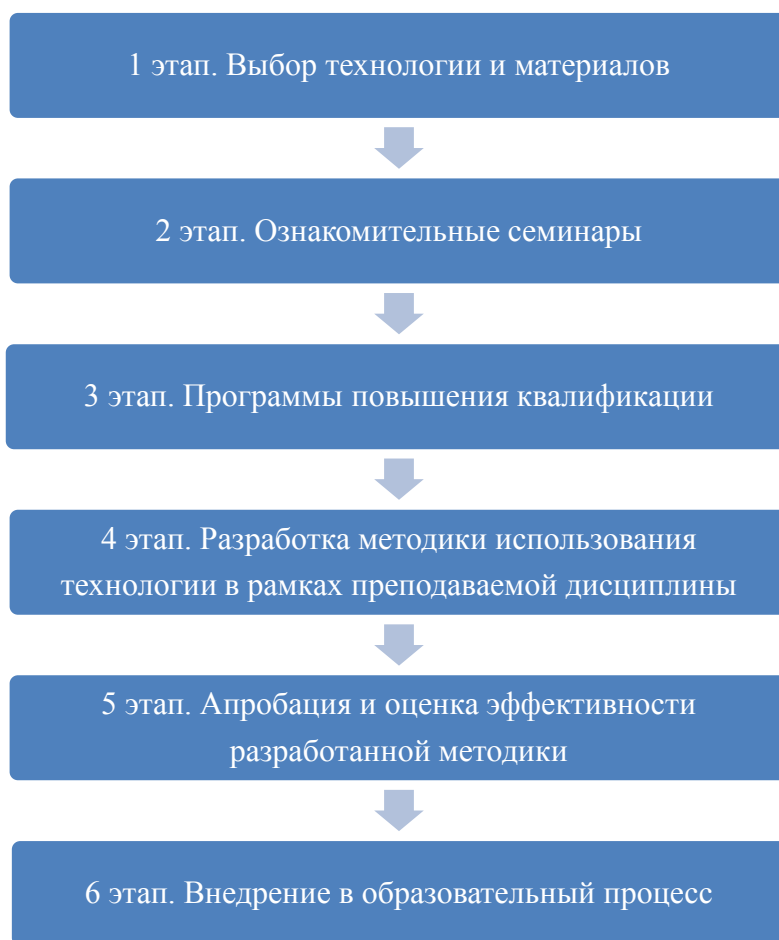


Рисунок. Этапы внедрения технологии 3D-печати в образовательный процесс вуза
(составлено автором)

На первом этапе выбор технологии и материалов может осуществляться в зависимости от их себестоимости и необходимых параметров готового изделия – размера, прочности, точности изготовления, цветности. 3D-печать основана на двух базовых принципах формирования слоев – струйной печати и послойного отверждения материалов под действием света или тепла. К основным процессам изготовления можно причислить [8]:

- Стереолитографический (Stereo Lithography, SLA-процесс) – метод послойного отверждения фотополимера под воздействием луча лазера.
- Масочная стереолитография (Solid Ground Curing, SGC-процесс) – отверждение фотополимера под действием ультрафиолетовых лучей через маску на стеклянной пластине.
- Селективное лазерное спекание (Selective Laser Sintering, SLS-процесс) – спекание порошковых материалов при нагревании.
- Ламинирование (Laminated Object Manufacturing, LOM-процесс) – склеивание слоев листового материала, вырезаемых лазером или механическим резакром.
- Послойное наплавление (Fused Deposition Modeling, FDM-процесс) – получение слоев из полимерной нити термопластика путем горячей экструзии.
- Струйная печать – к этим процессам можно отнести Polyjet, Polyjet Matrix, MJM (Multi-Jet Modeling), DSPC (Direct Shell Production Casting). Все эти процессы используют различного рода материалы, от фотополимеров, до полимерных

нитей, но при этом они обладают наибольшей скоростью печати из всех рассмотренных ранее и позволяют получать полноцветные изделия.

Таким образом, на сегодняшний момент существует большой выбор технологий и используемых материалов, из которых можно получать готовые объекты различного назначения в зависимости от поставленных целей. Например, для получения объектов большого размера может подойти процесс ламинирования (картона или подобных материалов), а для небольших изделий с высокой точностью – стереолитография или струйная печать. Несмотря на возможности современных устройств 3D-печати, основной проблемой их широкого использования в повседневной жизни препятствует высокая цена, в том числе и на расходные материалы, а так же специфичность и особые условия использования некоторых из них. Например, струйная печать на сегодняшний момент обладает наибольшим потенциалом из-за высокой точности, скорости и цветности готовых изделий, но при этом является и самой дорогой из всех существующих процессов. Поэтому на сегодняшний момент наибольшее распространение получили устройства, основанные на FDM-процессе. Основные преимущества таких печатающих устройств:

- Наиболее простой принцип печати, легко реализуемый на основе распространенных электронных компонентов.
- Возможность использования широкого спектра термопластичных материалов с различными характеристиками, в том числе безопасных для здоровья (как во время процесса, так и использования готового изделия) и не требующих специальных условий хранения и работы с ними.
- Реализация в виде компактных персональных печатающих устройств, не требующих специализированных знаний по установке, подключению и эксплуатации.
- Отсутствие шумовых загрязнений и отходов производства, требующих утилизации или специальных мест для установки.
- Высокая разрешающая способность (до 20 микрон), возможность одновременной печати несколькими материалами или материалами нескольких цветов.
- Низкая себестоимость как самих устройств, так и используемых материалов, возможность сборки печатающего устройства из готового конструктора или набора компонентов.
- Распечатанные изделия имеют высокие эксплуатационные характеристики и могут применяться как серийные изделия.
- Открытость технологии (срок действия ключевого патента US5121329² истек в 2009 году).

Важно отметить открытость технологии, которая позволяет не только производителям оборудования, но и многим командам энтузиастов работать над совершенствованием и внедрением 3D-печатающих устройств в различные сферы. Таким образом, устройства на основе FDM-процесса позволяют легко решать широкий спектр задач и, благодаря низкой себестоимости печати, могут быть использованы на этапах ознакомления и обучения работы с

² USPTO Patent Full-text and Image Database. Apparatus and method for creating three-dimensional objects. 09.06.1992. <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect2=PTO1&Sect2=HITOFF&p=1&u=/netahtml/PTO/search-bool.html&r=1&f=G&l=50&d=PALL&RefSrch=yes&Query=PN/5121329>.

оборудованием. Необходимость использования других процессов может быть определена на более поздних этапах с точки зрения целесообразности и получения изделий с конкретными параметрами. Вероятнее всего, следующим витком развития технологии 3D-печати станет усовершенствование SLS-процесса и его широкое распространение (благодаря истечению сроков действия патентов US5481470³ и US5776409⁴ в 2014 году), который обладает более широким диапазоном используемых материалов, повышенным качеством и прочностью получаемых изделий и сможет сочетать в себе достоинства устройств на основе FDM-процесса с повышенными требованиями к готовым изделиям. Исследовательская компания Gartner⁵ предсказывает ежегодный двукратный прирост рынка 3D-принтеров в ближайшие 4 года за счет продаж не домашним пользователям, а школам и университетам. Таким образом, внедрение технологии 3D-печати в образовательный процесс общеобразовательных, средних и высших учебных заведений в ближайшее время будет происходить нарастающими темпами, и не исключено закрепление этого процесса на законодательном уровне, что повлечет не только к необходимости адаптации существующих образовательных программ к новым возможностям, но и разработки новых программ.

Проведение ознакомительных семинаров на втором этапе, как показал опыт, имеет большое значение, т.к. большинство и преподавателей, и учащихся имеет лишь поверхностное представление о технологиях 3D-прототипирования. Из опрошенных преподавателей, которые приняли участие в семинарах, проводившихся в ИДО ТГУ⁶, лишь около 15% были знакомы непосредственно с особенностями технологии и сферами ее применения. Большинство из опрошенных проявило интерес к возможностям 3D-печати для использования в преподавательской деятельности и в технологических процессах различных подразделений, но отметило узость данной технологии для широкого применения и возможные сложности при работе с оборудованием. Поэтому на данном этапе важна демонстрация технических возможностей технологии 3D-печати и областей применения в различных сферах. Несмотря на специфику 3D-печати и частые ассоциации ее с инженерными разработками, следует отметить, что данная технология имеет на сегодняшний день очень большой потенциал и позволяет решать широкий спектр образовательных задач. Благодаря открытой архитектуре и достаточно простому устройству, опыт многих зарубежных исследователей [9] показывает, что даже учителя школы, будучи специалистами лишь в своей предметной области могут собрать 3D-принтер из компонент в течение трех дней при минимальной помощи со стороны. Кроме того, в тех областях, где ранее никогда не применялись аналогичные технологии, может произойти качественный скачок, который приведет к новым подходам и методам исследований. Поэтому технология в целом имеет не узкую направленность, а может быть внедрена в учебный и исследовательские процессы вуза любых направлений подготовки: гуманитарного, естественнонаучного, физико-математического. Каждое из направлений имеет свою специфику, но можно выделить общие для всех направлений области применения 3D-печати:

- Объект для развития практических навыков и получения новых компетенций.

³ USPTO Patent Full-text and Image Database. Boolean layer comparison slice. 2.01.1996.
<http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect2=PTO1&Sect2=HITOFF&p=1&u=/netahtml/PTO/search-bool.html&r=1&f=G&l=50&d=PALL&RefSrch=yes&Query=PN/5481470>.

⁴ USPTO Patent Full-text and Image Database. Thermal stereolithograp using slice techniques. 7.07.1998.
<http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect2=PTO1&Sect2=HITOFF&p=1&u=/netahtml/PTO/search-bool.html&r=1&f=G&l=50&d=PALL&RefSrch=yes&Query=PN/5776409>.

⁵ <http://www.gartner.com/technology/home.jsp>.

⁶ http://ido.tsu.ru/press/news/?id=6909&sphrase_id=1488557.

- Технология или инструмент исследовательской деятельности.
- Инструмент для совершенствования учебного процесса и обеспечения электронного обучения.

Прежде всего следует отметить, что сама технология может выступать в качестве объекта изучения, благодаря чему учащиеся получают необходимые компетенции в области работы с новым оборудованием и программным обеспечением, которые могут быть востребованы работодателями у выпускников и которые могут повысить их шансы при трудоустройстве. Кроме того, в зависимости от организационного подхода, могут так же развиваться компетенции, связанные с навыками работы в коллективе, междисциплинарному взаимодействию, способностью анализировать, синтезировать и критически осмысливать информацию и проведению научно-исследовательских работ.

Технологии быстрого прототипирования могут выступать в качестве инструмента исследовательской деятельности в очень широких областях, связанных с реконструкциями, разработкой и творчеством. Например, использование технологии 3D-печати в гуманитарных науках – одно из наиболее перспективных направлений развития данной технологии на сегодняшний день [10, 11]. Уже существуют успешные проекты по реконструкции редких артефактов, осуществленные Гарвардским и Техаским университетами. Благодаря возможности трехмерного сканирования объектов, можно создавать копии найденных объектов. Это позволяет исследователям заниматься реконструкцией хрупких или очень крупных объектов, а также объектов, которые не могут быть предоставлены для этих целей (политика государства и т.п.). Кроме того, цифровая копия объекта может быть разослана через Интернет независимым группам исследователей, которые смогут приступить к работе с ней буквально в течении нескольких часов, воссоздав объект на собственном оборудовании. Такой подход позволит вывести исторические и археологические исследования на новый уровень. Кроме того, такой подход может привести к демократизации музейных практик, внедрению нового опыта общения посетителя с музейным экспонатом (его трехмерными копиями). То же можно сказать и в отношении предметов искусства.

Самое широкое применение 3D-печать в контексте проводимой исследовательской деятельности, несомненно, имеет в физико-математическом образовании и подготовке инженерных кадров. Сюда можно отнести моделирование в различных областях, разработку механизмов и их частей, исследование физических процессов, автоматизацию лабораторного эксперимента [12] и т.п. Особенно следует выделить такое направление как "робототехника", ставшее одним из наиболее популярных как в техническом творчестве, так и в различных областях исследований, как технических, так и гуманитарных [13]. Благодаря технологиям 3D-прототипирования, значительное место в будущем отводится DIY-робототехнике. Концепция DIY («do you it yourself») предполагает более творческий подход в разработке собственных идей и реализацию механических составляющих, чем те, что предлагаются в готовых робототехнических конструкциях.

Создание наглядных материалов с помощью 3D-печати может повысить качество образовательного процесса. Зачастую трехмерная модель может быть гораздо понятнее двумерной репродукции в книге, кроме того, данная модель может иметь подвижные или съемные части. Спектр создания таких моделей очень широк – это макеты ландшафтов, строение растений и организмов, моделирование процессов природы. Применение таких наглядных материалов особенно эффективно в естественнонаучном направлении, но может применяться и в гуманитарном и физико-математических для демонстрации различных процессов, моделей, реконструкций или трехмерных репродукций. Благодаря наличию цифровых копий, наглядные материалы могут храниться в открытом доступе в специализированных сервисах, благодаря которым преподаватели получают возможность

пополнять и обмениваться моделями, а затем печатать их на собственных устройствах. Аналогичной возможностью обладают и учащиеся, что хорошо вписывается в концепцию электронного обучения и может быть использовано при разработке образовательных программ нового поколения.

Третий этап подразумевает более подробное знакомство с технологиями 3D-прототипирования для преподавателей, проявивших интерес и желающих включить их в свой образовательный план, в виде краткосрочных практикоориентированных программ повышения квалификации на базе вуза. Подобная программа в настоящий момент разрабатывается и готовится к апробации в ТГУ. Она предусматривает три основных составляющих:

- Работа с персональным печатающим устройством: настройка, обслуживание и печать.
- Основы создания цифровых трехмерных моделей на основе редакторов и с помощью 3D-сканирования.
- Использование онлайн сервисов для хранения, обмена и создания моделей.

Важно отметить, что программа основана на открытом и мобильном программном обеспечении и позволит преподавателям научиться быстро разрабатывать и внедрять собственный образовательный контент. Такой подход не требует дополнительных финансовых затрат, особенно учитывая, что современные программные продукты фирм Autodesk⁷ [14] и Blender⁸ доступны в онлайн формате и имеют развитые сервисы для моделирования, хранения и обмена цифровыми моделями. Это позволит всем желающим подключиться к реализации собственных образовательных экспериментов с использованием данной технологии.

На четвертом этапе преподаватели самостоятельно разрабатывают свои комплекты методических материалов по использованию разработанных учебных или наглядных пособий, организации выполнения курсовых, групповых или самостоятельных работ. В последнем случае необходимо отвести необходимое число часов в учебной программе учащимся по получению необходимых навыков для успешной реализации проекта. Так же эта часть может быть реализована в виде элективного (кампусного) курса или в формате электронного обучения. Если инициатива по введению подобных курсов в школьной программе будет закреплена на законодательном уровне, то учащиеся, заканчивая общеобразовательную школу, получат возможность совершенствовать свои навыки, что будет способствовать их дальнейшей творческой и профессиональной реализации. В настоящее время работа со школьниками может осуществляться в виде учебно-исследовательской деятельности, а также в виде проведения открытых конкурсов (в ТГУ проводятся⁹ на базе собственного Интернет-лица) для повышения их интереса к данной тематике и выбора дальнейшего направления в обучении. Еще одним важным вопросом является непосредственное размещение и доступ к необходимому оборудованию, с помощью которого будут осуществляться данная проектная деятельность. В случае эффективности разработанных методик и при достаточном уровне финансирования, оборудованием могут оснащаться кафедры университета, либо могут быть созданы специальные отделы при факультетах, осуществляющие необходимую поддержку

⁷ <http://www.123dapp.com/>.

⁸ <http://www.blender.org/>.

⁹ <http://il.tsu.ru/competition/3dmaster/index.php>.

преподавателей. Так же возможна реализация проектных мастерских, описанных в [15], либо в виде центров оперативной 3D-печати, описанной в [16].

На последних этапах оценка эффективности разработанных материалов или методик может быть проведена на основе успеваемости или анкетирования учащихся с помощью соответствующих экспертов в вузе, и, в случае положительных рекомендаций, данные методики могут быть реализованы в необходимой форме. Предполагается, что форма представления материалов, их размещения, форматы проведения экспертиз и оценки полученных методик будут разработаны в ходе проводимого исследования после реализации третьего этапа по внедрению соответствующих программ повышения квалификации для преподавателей и курсов по выбору для учащихся.

Технология 3D-печати может стать еще одной информационной технологий, которая может внести значительные изменения в образовательный процесс, привести к появлению новых форм обучения через вовлечение учащихся в проектную деятельность, повышению мотивации, формированию новых компетенций выпускников и преподавателей, развитию новых исследовательских методов и технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. V. Kostakis, V. Niaros, C. Giotitsas. Open source 3D printing as a means of learning: An educational experiment in two high schools in Greece // *Telematics and Informatics*. 2015. №32. С. 118–128.
2. 3D-печать в образовании / Т.В. Окладникова, Е.А. Литвинцева, А.П. Окладников, Л.В. Неведимова // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Наука и образование в XXI веке»: в 17 частях. Тамбов, 2014. С. 108-109.
3. V. Berman. 3-D printing: The new industrial revolution // *Business Horizons*. 2012. №55. С. 155-162.
4. Кушнир А.П., Лившиц В.Б. Классификация технологий 3D печати // Рецензируемое периодическое сетевое научное издание «Дизайн. Теория и практика». 2014. №18. <http://enidtp.ru/download/185/> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус.
5. Лейбов А.М., Каменев Р.В., Осокина О.М. Применение технологий 3D-прототипирования в образовательном процессе // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. №5. С. 93.
6. Долинин Ф.И., Токарев А.С., Зулькарнаев В.У. Использование 3D-принтеров в высших учебных заведениях для образования и возможности заработка // *Инновации в науке*. 2014. №35. С. 60-67.
7. M. Eisenberg. 3D printing for children: What to build next? // *International Journal of Child-Computer Interaction*. 2013. №1. С. 7–13.
8. Бабкин О.Э. 3D макетирование: технологии, оборудование, материалы: Монография. СПб.: изд. СПбГУКиТ, 2013. 97с.
9. Open-source 3-D printing technologies for education: Bringing additive manufacturing to the classroom / Schelly C., Anzalone G., Wijnen B., Pearce J.M. // *Journal of Visual Languages and Computing*. 2015. №28. С. 226-237.
10. Кречкинский А.М., Никифорова Н.В. 3D-печать для гуманитарных исследований // *Материалы научно-практической конференции с международным участием «Неделя науки СПбГПУ»*. Санкт-Петербург: Институт гуманитарного образования СПбГПУ, 2014. С. 345-348.
11. Можяева Г.В., Можяева Ренья П.Н. Цифровые гуманитарные науки: анализ основных направлений // *Открытое и дистанционное образование*. 2014. №4 (56). С. 12-21.
12. Заседатель В.С. Создание и автоматизация лабораторного практикума на основе систем 3D-печати // *Материалы XXVI Международной конференции «Применение инновационных технологий в образовании»*. Троицк, Москва: ИТО, 2015. С. 59–60.
13. Зильберман Н.Н., Галкин Д.В. Социальная робототехника в контексте гуманитарной информатики // *Открытое дистанционное образование*. 2012. №2 (46). С. 66-72.
14. Голубева И.Л., Альтапов А.Р. Изучение цифрового прототипирования в курсе компьютерной графики с использованием продуктов Autodesk // *Вестник Казанского технологического университета*. 2014. Т. 17. №13. С. 343-344.

15. Иващенко М.И., Бодров К.Ю. Организация и структура открытой лаборатории идей, методик и практик. Работа с инициативной молодёжью // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №2 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/127PVN315.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/127PVN315.
16. Разумов М.С., Разумова И.В., Комиссаров А.С. Центр оперативной и 3D-печати в ТвГТУ как инструмент профессионального и творческого развития специалиста высшего образования // Материалы докладов заочной научно-практической конференции «Качество образования как характеристика образовательной деятельности». Тверь: ТвГТУ, 2015. С. 67-70.

Рецензент: Статья рецензирована членами редколлегии журнала.

Zasedatel Vyacheslav Sergeevich
«National Research Tomsk State University»
Russia, Tomsk
E-mail: zevs@ido.tsu.ru

Educational potential of rapid prototyping

Abstract. In recent years rapid prototyping develops at a quick pace and are actively introduced into many spheres of modern life. Thanks to their features they possess high potential for their introduction in teaching and learning activities at educational institutions of all levels. In the future these techniques could not only become a subject matter, but also help to find new forms of education and research methods, to increase motivation, to develop new competences of pupils and teachers.

The use of rapid prototyping in educational process of higher education institutions will solve a wide range of educational and research tasks. Thus the teaching staff will develop application methods of this techniques in terms of the objectives for what basic competences in receiving and creation of virtual models and the use of the appropriate equipment are necessary.

In the article the author defines the main stages of introduction of rapid prototyping in educational process of higher education institutions. The main technological processes and materials which can be applied depending on the objectives are considered. Possible scopes of the techniques in various majors are considered. Methods of development of necessary competences and of working with the equipment for teachers who suppose to develop the learning materials are proposed.

Keywords: higher education; informational technologies; rapid prototyping techniques; 3D printing; 3D modeling; organization of teaching and learning activities; improvement of education quality; educational programs; teaching staff's competences; modes of study; teaching methods.

REFERENCES

1. V. Kostakis, V. Niaros, C. Giotitsas. Open source 3D printing as a means of learning: An educational experiment in two high schools in Greece // *Telematics and Informatics*. 2015. №32. S. 118–128.
2. 3D-pechat' v obrazovanii / T.V. Okladnikova, E.A. Litvintseva, A.P. Okladnikov, L.V. Nevedimova // *Sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Nauka i obrazovanie v XXI veke»: v 17 chastyakh*. Tambov, 2014. S. 108-109.
3. B. Berman. 3-D printing: The new industrial revolution // *Business Horizons*. 2012. №55. S. 155-162.
4. Kushnir A.P., Livshits V.B. Klassifikatsiya tekhnologiy 3D pechati // *Retsenziruemoe periodicheskoe setevoe nauchnoe izdanie «Dizayn. Teoriya i praktika»*. 2014. №18. <http://enidtp.ru/download/185/> (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana. Yaz. rus.
5. Leybov A.M., Kamenev R.V., Osokina O.M. Primenenie tekhnologiy 3D-prototipirovaniya v obrazovatel'nom protsesse // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014. №5. S. 93.
6. Dolinin F.I., Tokarev A.S., Zul'karnaev V.U. Ispol'zovanie 3D-printerov v vysshikh uchebnykh zavedeniyakh dlya obrazovaniya i vozmozhnosti zarabotka // *Innovatsii v nauke*. 2014. №35. S. 60-67.
7. M. Eisenberg. 3D printing for children: What to build next? // *International Journal of Child-Computer Interaction*. 2013. №1. S. 7–13.
8. Babkin O.E. 3D maketirovanie: tekhnologii, oborudovanie, materialy: Monografiya. SPb.: izd. SPbGUKiT, 2013. 97s.
9. Open-source 3-D printing technologies for education: Bringing additive manufacturing to the classroom / Schelly C., Anzalone G., Wijnen B., Pearce J.M. // *Journal of Visual Languages and Computing*. 2015. №28. S. 226-237.
10. Krechivskiy A.M., Nikiforova N.V. 3D-pechat' dlya gumanitarnykh issledovaniy // *Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Nedelya nauki SPbGPU»*. Sankt-Peterburg: Institut gumanitarnogo obrazovaniya SPbGPU, 2014. S. 345-348.
11. Mozhaeva G.V., Mozhaeva Ren'ya P.N. Tsifrovye gumanitarnye nauki: analiz osnovnykh napravleniy // *Otkrytoe i distantsionnoe obrazovanie*. 2014. №4 (56). S. 12-21.
12. Zasedatel' V.S. Sozdanie i avtomatizatsiya laboratornogo praktikuma na osnove sistem 3D-pechati // *Materialy XXVI Mezhdunarodnoy konferentsii «Primenenie innovatsionnykh tekhnologiy v obrazovanii»*. Troitsk, Moskva: ITO, 2015. S. 59–60.
13. Zil'berman N.N., Galkin D.V. Sotsial'naya robototekhnika v kontekste gumanitarnoy informatiki // *Otkrytoe distantsionnoe obrazovanie*. 2012. №2 (46). C. 66-72.
14. Golubeva I.L., Al'tapov A.R. Izuchenie tsifrovogo prototipirovaniya v kurse komp'yuternoy grafiki s ispol'zovaniem produktov Autodesk // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2014. T. 17. №13. S. 343-344.
15. Ivashchenko M.I., Bodrov K.Yu. Organizatsiya i struktura otkrytoy laboratorii idey, metodik i praktik. Rabota s initsiativnoy molodezh'yu // *Internet-zhurnal*

«NAUKOVEDENIE» Tom 7, №2 (2015)
<http://naukovedenie.ru/PDF/127PVN315.pdf> (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana.
Yaz. rus., angl. DOI: 10.15862/127PVN315.

16. Razumov M.S., Razumova I.V., Komissarov A.S. Tsentr operativnoy i 3D-pechati v TvGTU kak instrument professional'nogo i tvorcheskogo razvitiya spetsialista vysshego obrazovaniya // Materialy dokladov zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Kachestvo obrazovaniya kak kharakteristika obrazovatel'noy deyatel'nosti». Tver': TvGTU, 2015. S. 67-70.