

Технологии 3D-печати в образовательном процессе

И. Г. Майоров, магистр экономических наук, руководитель направления по работе с государственными организациями ООО «Софтлайнбел», ул. М. Богдановича, д. 155, офис 1215, 220040, г. Минск, Республика Беларусь

А. Б. Бельский, системный аналитик 2-й категории

E-mail: belsky@unibel.by

Учреждение «Главный информационно-аналитический центр Министерства образования Республики Беларусь», ул. Захарова, д. 59, 220088, г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В статье затрагивается тема использования технологий 3D-печати в сфере образования. Технологии 3D-печати могут применяться для обучения технологическим навыкам в конструировании, машиностроении, проектировании в качестве основного инструмента. Также они способствуют переориентации внимания с цифровой или виртуальной среды на реальный мир, поскольку результатами учебной деятельности выступают не эскизы и макеты, а реальные объекты с заданными характеристиками. Технологии 3D-печати относятся к быстроразвивающимся и перспективным технологиям, которые могут найти свое применение в различных областях, в том числе и в сфере образования. Данные технологии благодаря появлению персональных печатающих устройств могут способствовать внедрению новых форм организации учебного процесса, повышению мотивации и формированию необходимых компетенций выпускников и преподавателей.

Ключевые слова: цифровой дизайн; 3D-принтер; сфера образования; прототипирование; учебный процесс; 3D-моделирование

Для цитирования: Майоров, И. Г. Технологии 3D-печати в образовательном процессе / И. Г. Майоров, А. Б. Бельский // Цифровая трансформация. – 2018. – № 2 (3). – С. 47–53.



© Цифровая трансформация, 2018

Technologies of 3D-printing in the Educational Process

I. G. Mayorov, Master of Economics, Head of a Direction on Work with the State Organizations

LLC Softlinebel, 155 M. Bogdanovicha Str., office 1215, 220040 Minsk, Republic of Belarus

A. B. Belsky, System Analyst of the 2nd category of the Department of the International Projects Implementation

E-mail: belsky@unibel.by

Establishment “The Main Information and Analytical Center of the Ministry of Education of the Republic of Belarus”, 59 Zakharova Str., 220088 Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The article touches upon the topic of using 3D-printing technologies in education. 3D-printing technologies can be used to teach technological skills in engineering and design as the main tool. They also help to reorient attention from the digital or virtual environment to the real world, because as a result of learning activity, not sketches and layouts, but real objects with specified characteristics act. 3D-printing technologies are fast-developing and promising technologies that can find their application in various fields, including in the field of education. These technologies due to the appearance of personal printing devices can facilitate the introduction of new forms of organization of the educational process, increase the motivation and formation of the necessary competencies of graduates and teachers.

Key words: digital design; 3D-printer; the sphere of education; prototyping; educational process; 3D-modeling

Введение. Еще 10 лет назад технология 3D-печати не имела большой известности и обширного применения, однако в настоящее время она стремительно развивается. В частности, наблюдается прорыв в материалах, используемых для 3D-печати, — появляются экологически чистые материалы. Сегодня современные технологии 3D-печати активно внедряются во многих отраслях экономики, в т. ч. в медицине, промышленности (автомобилестроение, авиация и космос, военно-промышленный комплекс и др.), архитектуре, науке и т. д.

Объем мирового рынка технологий аддитивного производства (т. е. 3D-печати) в 2018 г., как ожидается, достигнет 12,8 млрд долларов США, что почти в 2,5 раза выше уровня 2015 г. (5,2 млрд долларов). При этом, согласно прогнозам экспертов, к 2021 г. объем рынка 3D-печати достигнет 26,5 млрд долларов США [9].

Развитие технологий 3D-печати и их высокая перспективность делает особенно актуальным вопрос их применения в педагогической деятельности: т. к. система образования призвана готовить будущие поколения к жизни в условиях информационного общества и цифровой экономики, то внедрение передовых информационных технологий в образовательный процесс приобретает первостепенную важность. Повышение информированности как педагогов, так и обучающихся на всех уровнях системы образования о технологических инновациях, а также возможностях, принципах и направлениях их последовательного применения в образовательном процессе имеет большую роль для обеспечения высокого качества образования в цифровую эпоху.

Целью данной статьи является исследование сущности технологий 3D-печати и определение их места и роли в современном образовательном процессе, выявление преимуществ от их использования для педагогических работников и обучающихся, а также разработка предложений по оптимизации внедрения технологий 3D-печати в деятельность учреждений образования всех уровней.

Основная часть. Для более полного описания технологии 3D-печати и выявления ее сущности целесообразно рассмотреть, что собой представляет 3D-принтер.

3D-принтер — это специальное устройство для вывода 3D-данных. В отличие от традиционного

принтера, который отображает двумерную информацию на листе бумаги, трехмерный принтер позволяет отправлять трехмерные данные, т. е. создавать определенные физические объекты [1].

Преимущества таких устройств по сравнению с обычными методами создания моделей — быстрая скорость, простота создания и низкая стоимость. Так, создание модели ручным методом может занять несколько недель или даже месяцев в зависимости от сложности продукта, в результате чего затраты на разработку и время изготовления продукции существенно выше, чем при использовании 3D-печати.

В настоящее время отсутствует стандартизированная классификация 3D-принтеров. Классифицировать 3D-принтеры можно по следующим признакам:

- 1) по используемой технологии печати;
- 2) по исполнению (промышленные, лабораторные и домашние);
- 3) по числу печатающих головок;
- 4) по цветности (одно- и многоцветные);
- 5) по числу материалов, из которых печатается изделие (один материал или несколько разных);
- 6) по назначению (строительные, пищевые и т. п.) [5, с. 196].

По используемой технологии печати 3D-принтеры можно классифицировать как: стереолитографические; лазерные (в которых осуществляется спекание порошковых материалов лазером); с технологией струйного моделирования; с послойной печатью расплавленной полимерной нитью; с технологией склеивания порошков; с ламинированием листовых материалов; с УФ-облучением через фотомаску; с цветной 3D-печатью [5, с. 197].

В основе технологии 3D-печати лежит принцип послойного создания (выращивания) твердой модели, а сама эта технология печати является быстрым способом прототипирования объектов без изготовления пресс-формы. На основе файла цифровой 3D-модели принтер строит объект посредством печати материалов по слоям. Эта технология нуждается в сырье гораздо меньше, чем традиционная, которая использует грубую обрезку. Благодаря изменению конфигурации модели она может более гибко реагировать на потребности потребителей [6].

В целом технология 3D-печати может полностью исключить ручную работу и необходимость

делать рисунки и расчеты на бумаге, потому что программа позволяет видеть модель со всех сторон еще на экране и устранять все недостатки напрямую в процессе разработки, в отличие от ручного метода формирования модели, при котором они обнаруживаются уже в процессе изготовления, а также позволяет создавать модель за несколько часов. Таким образом, вероятность ошибок, связанных с ручной работой, при использовании технологий 3D-печати практически устранена.

3D-печать активно трансформирует множество отраслей современного мира, однако она только начинает рассматриваться как эффективный инструмент в образовании. На применение технологий 3D-печати в образовательном процессе следует смотреть через призму доказанной теории о том, что практическое обучение способствует более эффективному усвоению материала обучающимися по сравнению с обычным конспектированием лекций. Таким образом, использование 3D-печати позволяет обучающимся получить преимущества практически в любой области наук, предоставляя студентам возможность лучше понимать концепции в математике, географии, истории и дизайне посредством практической реализации их собственных реальных проектов.

Следует отметить, что активное использование технологий 3D-печати в мировой практике уже получило определенное распространение: в соответствии с прогнозами аналитиков IDC, в 2018 г. учреждения образования по всему миру потратят на эти технологии 974 млн долларов США [8].

Технология 3D-печати уникальна, так как предоставляет возможность индивидуального моделирования и производства. На основе сетевых платформ спрос и предложение могут быть интегрированы для быстрого предоставления разнообразных творческих решений. Таким образом, можно создавать множество креативных продуктов и гарантировать, что время и стоимость производства этих продуктов будут близки к времени, имеющему место при крупномасштабном производстве. Такой гибко настраиваемый режим производства позволит удовлетворить общественный спрос на инновационные идеи.

Внедрение современных технологий 3D-печати частично решает задачи, поставленные временем и новыми стандартами обучения: педагоги и обучающиеся «адаптируются» на всех уровнях сложности. Переходя от общего к частному и рассматривая возможности внедрения

процесса 3D-печати в средней школе, следует отметить, что значительное повышение усвояемости материала при его визуализации является неоспоримым фактом. В связи с этим необходимо повышать удельный вес практических занятий в структуре учебных планов. При этом специальное устройство, которое может в любой момент создать необходимый учебный материал, позволяющий легче объяснить новую тему, например, на уроках химии или физики, рассматривается как инновационный инструмент, существенно повышающий эффективность практикоориентированного обучения.

В качестве материала для 3D-печати уже сейчас используются:

- 1) различные виды пластиков и полимеров: ABS/PLA, нейлон, акрил, фотополимеры;
- 2) металлы: от олова и алюминия до нержавеющей стали и титана;
- 3) гипсовый порошок;
- 4) деревянное волокно, бумага;
- 5) воск;
- 6) живые органические клетки;
- 7) продукты питания: шоколад, сахар, тесто, масло [3].

Применение 3D-технологий в образовании даст значительный инновационный толчок в таких сферах как:

– промышленный дизайн и машиностроение — возможность механического конструирования, функционального тестирования практически сразу, во время учебного процесса. 3D-печать, включенная в учебную программу инженерных дисциплин, даст возможность студентам воплощать в жизнь свои конструкторские замыслы и идеи, тем самым увеличив долю инноваций в их проектах;

– архитектура и строительство — создание архитектурных моделей и конструкций наиболее важных элементов, визуализация проектов;

– медицина — анатомическое моделирование, хирургическое планирование, протезирование. Технологии 3D-печати также существенно упрощают эксперименты в области биотехнологий (например, создание искусственных тканей человеческих органов);

– география и археология — 3D-моделирование и визуализация местности, археологических находок и древних ископаемых;

– биология и химия — возможность создавать полноцветные молекулярные модели, наглядно демонстрировать цепочки ДНК, электрический заряд или устройство атома [2, с. 47].

Использование обучающимися 3D-принтера позволяет разрабатывать дизайн объектов, которые раньше невозможно было создать даже с четырехосевыми фрезерными станками. Ранее студенты были ограничены в моделировании и производстве вещей из-за отсутствия производственных инструментов, так как у них были только простые машины для обработки. Теперь эти ограничения почти полностью устранены за счет возможности реализовать практически все, что можно нарисовать на компьютере в 3D-программе.

Использование технологий 3D-печати открывает быстрый путь к итеративному моделированию. Обучающиеся могут создавать 3D-части, печатать их, тестировать и оценивать. Если детали не работают, вторая попытка не является проблемой. Поэтому использование технологии 3D-печати неизбежно приводит к увеличению доли инноваций в студенческих проектах.

Трехмерная печать может использоваться не только в классах дизайна и технологий. На трехмерных принтерах могут быть напечатаны различные художественные формы (скульптуры, игрушки, фигуры). Формы самых разнообразных объектов: клетки, атомы, ДНК, математические тела, объекты из разных областей наук также могут быть смоделированы в 3D, а затем изготовлены с использованием 3D-принтеров.

Знакомство студентов с работой 3D-принтера и возможность печати становится очень важным элементом процесса обучения, особенно для студентов технических специальностей и дизайнеров. Первая категория студентов имеет возможность рисовать диаграммы, осуществлять расчеты, создавать чертежи, а затем моделировать детали зданий и двигателей, новые устройства. Студенты-дизайнеры, в свою очередь, имеют возможность не только работать с 3D-моделированием, но и реализовывать самые смелые творческие идеи: воссоздать искусство древнего мира, скульптуры, картины, архитектуру, моделирование интерьеров и домов, разработку сувениров, создание коллекций дизайнерской одежды и аксессуаров.

Использование 3D-печати в обучении позволяет пойти еще дальше — создать реальную копию смоделированного объекта. Это позволит не только исследовать проецируемую часть, но и оценить ее другие особенности. Кроме того, обучающиеся могут продемонстрировать полный цикл создания продукта: от стадии проектирования до стадии реализации деталей с помощью определенного материала [7].

Например, в классах инженерной графики студенты, которые наиболее точно смоделировали часть с использованием 3D-технологии, смогут оценить ее правильность, воспроизведя продукт в реальном материале. Мотивация студентов во время работы в классе зависит от преподавателя: он может печатать лучшие проекты, самые сложные проекты или самые экономичные и т. д. Кроме того, использование 3D-принтеров в инженерно-техническом образовании необходимо в исследовательской работе студентов при реализации курсовых и дипломных проектов.

Использование технологии 3D-печати также влияет на методологию обучения. Существует несколько способов восприятия информации в процессе обучения: обучающиеся могут получать ее в текстовом виде либо слушая лекцию, но наиболее эффективной формой усвоения знаний считаются практические упражнения. Последняя форма восприятия информации имеет решающее значение для глубокого понимания и овладения материалом, потому что через реализацию практической части происходит изучение формы и структуры объекта.

В результате исследования были выделены следующие преимущества внедрения технологий 3D-печати в образовательный процесс:

- 1) увеличение научного потенциала учреждения образования;
- 2) возможность для будущих поколений реализовывать свои идеи намного эффективней, чем это происходит сейчас;
- 3) значительное повышение инновационной конкурентоспособности учреждений образования на мировом уровне.
- 4) существенное ускорение и удешевление этапов прототипирования и экспериментального тестирования.
- 5) внедрение в учебную программу модулей 3D позволит готовить высококвалифицированные кадры со школьной скамьи;
- 6) преподаватели имеют возможность самостоятельно создавать трехмерные наглядные пособия, существенно упрощающие понимание материала обучающимися;
- 7) 3D-принтеры позволяют реализовать обучение на практике: обучающиеся могут самостоятельно создавать прототипы и необходимые детали, воплощая свои конструкторские и дизайнерские идеи [3].

Общим преимуществом использования 3D-печати является значительное увеличение интереса обучающихся к учебному процессу, так как

она позволяет визуально и тактильно оценивать и тестировать результаты своей работы. Существует множество исследований и доказательств того, что эффективность обучения повышается благодаря активному опыту, особенно в пространственных и абстрактных концепциях, которые трудно визуализировать [3].

Проникновение технологий 3D-печати во все большее число областей науки и образования приведет к увеличению спроса на квалифицированных специалистов в этой области. Использование 3D-принтеров требует всей базы знаний, необходимой для моделирования, физики, математики, программирования. Понимая это, самые прогрессивные учреждения образования, от школ до университетов, уже сделали его важным элементом учебной программы.

Следует отметить, что до сих пор промышленное использование 3D-принтеров в Республике Беларусь ограничивается производством прототипов или моделей. Это связано с тем, что 3D-принтеры имеют высокую стоимость и требуют наличия квалифицированного персонала. Поэтому для внедрения 3D-технологий необходимо обучать специалистов в этой области. Обучение такого специалиста должно включать: 3D-проектирование и моделирование (как часть классов инженерной графики), информационные технологии CAE и CAM, а также технологии 3D-оцифровки исследуемых объектов.

Внедрение современных технологий 3D-печати в образовательный процесс требует, во-первых, значительного укрепления материально-технической базы учреждений образования (приобретение соответствующего оборудования, организация инфраструктуры), во-вторых, формирования у педагогических работников навыков достаточно уверенной работы с 3D-технологиями (в т. ч. в сфере 3D-проектирования и моделирования). В связи с этим крайне важной задачей становится расширение государственно-частного партнерства по вопросу развития и применения технологий 3D-печати.

Совместно с производителями и поставщиками 3D-технологий органам управления образованием необходимо определить оптимальную модель обеспечения использования учреждениями образования дорогих 3D-принтеров, выработать условия организации курсов для педагогических работников, в т. ч. для школьных учителей в регионах. В связи с большим числом педагогических работников и малым количеством экспертов следует рассмотреть вопрос

о целесообразности проведения курсов по технологиям 3D-печати и их применению в образовании в режиме онлайн (например, в формате вебинаров) для педагогов, имеющих достаточные навыки владения ИКТ.

Кроме того, важно организовать информационное обеспечение всех уровней системы образования по вопросам технологий 3D-печати (начиная от педагогов учреждений образования и заканчивая специалистами и руководителями органов государственного управления), направленное на распространение информации о технологиях 3D-печати, их роли в современном образовательном процессе и предоставляемых ими преимуществ. Для этого возможно формирование информационных и научно-методических материалов, рассылаемых в учреждения образования и иные организации системы образования, а также регулярное проведение тематических конференций и форумов, а также конкурсов для педагогов и обучающихся.

Определенные трудности связаны и с вопросом материально-технического обеспечения учреждений образования: высокая стоимость 3D-принтеров в настоящее время не позволяет приобрести их для всех учреждений образования республики, поэтому крайне важно определить наиболее оптимальные как с педагогической, так и с экономической точки зрения модели внедрения аддитивных технологий в образовательный процесс. Так, например, 3D-принтеры могут предоставляться учреждениям образования как сервис: педагогами и обучающимися в рамках образовательного процесса создаются 3D-модели, печать которых осуществляется на оборудовании оператора, а готовые изделия затем высылаются обратно в учреждения образования. Такой подход позволяет затратить значительно меньше средств на материально-техническое обеспечение учреждений образования, однако несколько снижает образовательную эффективность: обучающиеся смогут увидеть результаты своей работы только через несколько дней.

Другим возможным способом является организация специальных центров 3D-печати (например, на базе отдельных учреждений образования) в каждом районе республики, в которых будут проходить выездные занятия с 3D-принтерами. Данный способ позволяет обучающимся более глубоко усвоить 3D-технологии благодаря непосредственной работе с ними, однако требует затрат (в т. ч. временных) на организацию транс-

портировки обучающихся, особенно затруднительной в сельской местности.

Также целесообразно изучить возможность привлечения средств инновационных фондов и / или международных организаций для формирования в учреждениях образования республики необходимой инфраструктуры.

Решение вопросов материально-технического и информационного обеспечения учреждений образования, а также формирования у педагогических работников необходимых навыков является необходимым условием эффективного внедрения технологий 3D-печати в образовательный процесс.

Заключение. 3D-технологии играют важную роль в процессе обучения. В дополнение к обучению в соответствии с современными стандартами применение 3D-принтеров оказывает влияние на модернизацию педагогики в 21 веке, не только активизирует деятельность обучающихся в образовательном процессе, но и помогает легко освоить даже самые сложные материалы визуально. Можно сказать, что за технологиями 3D-печати стоит будущее, поэтому чем раньше будет разработана современная учебная программа с учетом внедрения 3D-принтеров в учебный процесс, тем больше возможностей получат наука и общество в целом. Расширение ассортимента сырья для 3D-печати также способствует ее использованию в различных дисциплинах.

В результате проведенного исследования можно выделить следующие преимущества для применения технологий 3D-печати:

- 1) содействие внедрению новых методов обучения, невозможных в классическом подходе;
- 2) повышение инновационной конкурентоспособности высших учебных заведений.
- 3) обеспечение подготовки квалифицированных специалистов с экспоненциальным ростом использования технологий 3D-печати в мире.

Однако быстрое внедрение 3D-технологий во все сферы экономики требует большого количества соответствующих специалистов. Спрос на

таких специалистов может быть удовлетворен только за счет систематического внедрения технологии 3D-печати в образовательный процесс.

Результаты исследования тенденций в сфере 3D-печати, ее роли в образовательном процессе и преимуществ для педагогических работников и обучающихся позволяют сформировать следующие рекомендации для развития системы образования Республики Беларусь:

- 1) внедрение аддитивных технологий (3D-печати) в образовательный процесс в учреждениях общего среднего, среднего специального, профессионально-технического и высшего образования должно стать одним из важнейших направлений государственной политики по информатизации и цифровой трансформации и быть соответствующим образом закреплено в нормативно-правовых актах, образовательных стандартах и учебных программах;

- 2) для соответствия требованиям рынка труда цифровой экономики учреждениям высшего образования следует начать подготовку специалистов в сфере 3D-технологий;

- 3) эффективное внедрение 3D-технологий в образовательный процесс требует расширения государственно-частного партнерства по вопросу развития и применения технологий 3D-печати;

- 4) необходимо решение вопроса материально-технического обеспечения системы образования в части 3D-инфраструктуры, что требует в первую очередь выбора оптимальной модели оснащения учреждений образования 3D-принтерами;

- 5) целесообразна организация курсов (в т. ч. вебинаров) для педагогических работников по вопросам 3D-печати, проведение тематических форумов и конференций, разработка информационных и научно-методических материалов для рассылки в учреждения образования.

Внедрение 3D-технологий в образовательный процесс будет способствовать существенному повышению его качества и соответствию требованиям рынка труда цифровой экономики и информационного общества.

Список литературы

1. Долгих, Д. Н. Внедрение и использование 3D принтера и 3D сканера на уроках информатики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://videouroki.net/razrabotki/statya-na-temu-vnedrenie-i-ispolzovanie-3d-printera-i-3d-skanera-na-urokakh-informatiki.html>. – Дата доступа: 30.04.2018.
2. Заседатель, В. С. Технологии 3D-печати в образовательном процессе вуза / В. С. Заседатель // Материалы XIV Международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 47–51.
3. Инновации в сфере образования на основе технологий 3D прототипирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://school48.beluo.ru/wp-content/uploads/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F.pdf>. –

Дата доступа: 28.04.2018.

4. Лейбов, А. М. Применение технологий 3D-прототипирования в образовательном процессе / А. М. Лейбов, Р. В. Каменев, О. М. Осокина [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – Режим доступа: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=14933>. – Дата доступа: 30.04.2018.
5. Салахов, Р. Ф. Возможности 3D-печати в образовательном процессе / Р. Ф. Салахов, Р. И. Салахова, З. Н. Гаптраупова // Филологические науки. Вопросы теории и практики. – 2017. – № 6 (72), ч. 2. – С. 196–198.
6. Усенков, Д. Ю. 3D-печать: как это работает? // Мир 3D. – 2014. – № 3 (17). – С. 3–17.
7. 3D Printing in Education: Where Are We Now and What Does the Future Hold? [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.officexpress.co.uk/3d-printing-in-education-where-are-we-now-and-what-does-the-future-hold/>. – Date of access: 27.04.2018.
8. IDC: мировой рынок 3D-печати в 2018 году вырастет до 12 миллиардов долларов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.computerworld.ru/news/IDC-mirovoy-rynok-3D-pechati-v-2018-godu-vyrastet-do-12-milliardov-dollarov>. – Дата доступа: 17.07.2018.
9. Value of the additive manufacturing (3D printing) market worldwide from 2017 to 2021 (in billion U.S. dollars) [Electronic resource] // Statista. – Mode of access: <https://www.statista.com/statistics/261693/3d-printing-market-value-forecast>. – Date of access: 17.07.2018.

References

1. Dolgih D. N. *Vnedreniye i ispo'zovaniye 3D printera i 3D skanera na urokakh informatiki* [Introduction and use of 3D printer and 3D scanner in computer science lessons]. Available at: <https://videouroki.net/razrabotki/statya-na-temu-vnedrenie-i-ispolzovanie-3d-printera-i-3d-skanera-na-urokakh-informatiki.html> (accessed: 30.04.2018) (in Russian).
2. Zasedatel V. S. Technologies of 3D-printing in the educational process of the university. *Materialy XIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Materials of the XIV International Scientific and Practical Conference], 2015, pp. 47–51 (in Russian).
3. *Innovatsii v sfere obrazovaniya na osnove tekhnologiy 3D prototipirovaniya* [Innovation in the field of education based on 3D prototyping technologies]. Available at: <http://school48.beluo.ru/wp-content/uploads/.pdf> (accessed: 28.04.2018) (in Russian).
4. Leibov A. M., Kamenev R.V., Osokina O. M. Application of 3D-prototyping technologies in the educational process. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2014., № 5. Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=14933> (accessed: 30.04.2018) (in Russian).
5. Salahov R. Ph., Salahova R. I., Gauptraupova Z. N. The possibilities of 3D printing in the educational process. *Filologicheskie nauki. Voprosy teorii i praktiki* [Philological Sciences. Questions of theory and practice], 2017, № 6 (72), pp. 196–198 (in Russian).
6. Usenkov D. Y. 3D printing: how does it work?. *Mir 3D* [3D World], 2014, № 3 (17), pp. 3–17 (in Russian).
7. 3D Printing in Education: Where Are We Now and What Does the Future Hold?. Available at: <http://www.officexpress.co.uk/3d-printing-in-education-where-are-we-now-and-what-does-the-future-hold/> (accessed: 27.04.2018).
8. IDC: *mirovoy rynek 3D pechati v 2018 godu vyrastet do 12-milliardov dollarov* [IDC: The global 3D printing market will grow to \$ 12 billion in 2018]. Available at: <https://www.computerworld.ru/news/IDC-mirovoy-rynok-3D-pechati-v-2018-godu-vyrastet-do-12-milliardov-dollarov> (accessed: 17.07.2018) (in Russian).
9. Value of the additive manufacturing (3D printing) market worldwide from 2017 to 2021 (in billion U. S. dollars) // Statista. Available at: <https://www.statista.com/statistics/261693/3d-printing-market-value-forecast> (accessed: 17.07.2018).

Received: 20.07.2018

Поступила: 20.07.2018