

УДК 378.14

Организационные и методические проблемы внедрения 3D-принтеров в учебный процесс

Н. В. Трухина, Б. В. Гаврилюк

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация.

Статья посвящена организационным и методическим проблемам внедрения 3D-технологий в учебный процесс. Рассмотрены факторы, которые необходимо учесть при организации учебных занятий с применением 3D-принтера. На примере преподавания дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика» показано, что применение 3D-принтера позволяет упростить процесс понимания соответствия плоских графических изображений с его реальными прототипами. Это сокращает затраты времени на формирование профессиональных компетенций. Сделан вывод, что применение 3D-принтеров на практических занятиях по техническим дисциплинам позволяет не ограничиваться формальным описанием функционирования технических систем и доводит процесс обучения до создания реально работающих объектов.

Ключевые

слова:

3D-технологии, 3D-принтер, технические дисциплины, инженерная графика, графическое изображение, механизм.

Дата поступления
статьи в редакцию:
9 февраля 2018 г.

Процесс преподавания технических дисциплин в вузах предусматривает выполнение студентами практических заданий, которые сводятся к описанию функционирования технической системы либо к математическому расчёту геометрических параметров и характеристик этой системы. При проектировании таких систем используются абстрактные математические модели, т. к. параметры и характеристики реального объекта описываются математическими символами. Такой абстрактный подход является формальным описанием системы с помощью математических зависимостей и сводится к расчёту параметров системы и созданию её

материального образа в виде графического изображения. Во многих случаях такой результат является вполне достаточным для формирования компетенций, требуемых при освоении профессии. Но системное прерывание инженерной работы на этапе завершённого проекта формирует у многих обучающихся труднопреодолимый психологический барьер, который в будущем не позволяет им воплощать расчётные проекты в реально работающие устройства. Поэтому многие обучаемые становятся «специалистами-теоретиками», знающими, «как всё устроено», но не умеющими это всё создавать. Исправить такое положение дел можно, если дать возможность студенту какую-то часть проектных работ довести до своего логического конца – создания работающего макета технического устройства. Можно предположить: если преподаватель сможет показать студенту, как теоретические разработки проверяются на практических моделях, то количество творчески мыслящих инженеров, изобретателей из числа выпускников технических вузов существенно вырастет. Надо сказать, что и работодатель ожидает от выпускника вуза не только воспроизведения полученных знаний и выполнения заданий по образцу, но и разработки целостной концепции: создания идей, подготовки проекта, выбора и обоснования путей решения, технологии выполнения, анализа готового продукта, что обуславливает переход от репродуктивного обучения к продуктивному.

В данный момент в вузах сложилась ситуация, когда создание работающего макета системы по рассчитанным данным является задачей, которая недоступна для большинства обучающихся. Только небольшая часть студентов, занимающихся в технических кружках при кафедрах или работающих в научных группах с преподавателями, имеет такую возможность. Причинами такого положения дел является то, что:

во-первых, для изготовления макета необходимо наличие соответствующего оборудования, инструментов и материалов;

во-вторых, студента необходимо научить работать на этом оборудовании или держать штат соответствующих специалистов;

в-третьих, вышеперечисленные пункты приводят к существенному увеличению времени изучения дисциплины и удорожанию процесса обучения.

Таким образом, можно сказать, что процесс формирования профессиональных компетенций у обучающегося заканчивается на этапе теоретического освоения и оказывается незавершённым, прерванным на самом важном и ответственном этапе – этапе применения на практике полученных знаний.

Такая ситуация существует в вузах уже не одно десятилетие, если не сказать, что была всегда. Но достижения технического прогресса позволяют изменить сложившуюся методику проведения практических занятий по техническим дисциплинам. К таким достижениям относится создание 3D-принтеров, которые дают возможность изготавливать отдельные, довольно сложной формы детали механизмов, без применения инструментов для обработки материалов.

3D-принтер – это устройство, предназначенное для изготовления объёмных фигур посредством послойного нанесения формующего материала. При применении 3D-принтера отпадает необходимость в таком традиционном оборудовании для обработки материалов, как токарные, фрезерные, сверлильные и др. станки. Можно уверенно предположить, что в недалёком будущем в каждой семье, где сейчас есть молоток и ножовка, появится как необходимый инстру-

мент и 3D-принтер. Поэтому приучать работать на 3D-принтере необходимо начинать уже сейчас. В отличие от работы с традиционными инструментами, для работы на 3D-принтере необходима специальная подготовка, требующая знаний построения изображений объекта на компьютере.

Для изготовления детали на 3D-принтере требуется её графическое изображение в компьютерной программе. Как упоминалось выше, параметры технического устройства и его графическое изображение являются конечным результатом проектных расчётов. Поэтому от обучающегося требуется после выполнения проектных расчётов выполнить трёхмерное изображение деталей технического устройства в графическом редакторе AutoCad в соответствии с размерами, открыть построенные детали в компьютерной программе, прилагаемой производителем к 3D-принтеру, и напечатать. В дальнейшем студент из напечатанных деталей собирает искомую конструкцию технического устройства и проверяет её работоспособность. Неработоспособность конструкции, т. е. отрицательный результат проектирования, свидетельствует о неадекватности проведённых расчётов или неверном выполнении графического изображения деталей. Потерянное на печать деталей время будет заставлять обучающегося более ответственно подходить к проектированию и проверке выполненных расчётов и построений. Ведь, как правило, большинство студентов воспринимает требование преподавателя исправить ошибки в проектировании как придирки по мелочам, а наглядное представление результата ошибки имеет огромное значение в привитии будущим инженерам ответственного подхода к результатам своей работы.

Внедрение новых технологий в обучение требует продумывания не только методики проведения занятий, но и необходимости учёта дополнительных финансовых и материальных затрат, выкраивания в учебном плане возможности выделения часов на изучение и применение этих технологий.

В настоящее время учебный процесс немислим без компьютеров и интерактивных досок, которые не являлись в ещё не столь далёком прошлом необходимым компонентом учебного процесса. Их появление в учебном заведении требовало от преподавателя поиска новых форм подачи учебного материала, изменения в критериях оценивания знаний. В таком же положении находится сейчас и применение в учебном процессе 3D-принтеров.

При внедрении 3D-принтеров в учебный процесс необходимо учесть следующие факторы:

- 1) выделение в учебном графике времени для работы на 3D-принтере;
- 2) выделение отдельного помещения с принудительной вентиляцией по причине запаха, выделяемого разогреваемым при печати полимерным материалом.

Использование в обучении 3D-принтеров потребовало внесения изменений в планирование учебного процесса. 3D-печать – процесс не очень быстрый: на печать детали объёмом 10 см³ уходит примерно 0,8 ч. На изготовление среднего технического устройства из 8 деталей уходит 6,4 ч. Если каждый студент будет выполнять по одному изделию, то на группу из 25 человек понадобится 160 ч. работы принтера. При наличии одного или двух принтеров такое время можно выделить только для выполнения курсового проекта. Если же проектные задания выполнять на аудиторных занятиях, то такие временные издержки просто невозможны.



Так как сам процесс печати на 3D-принтере не несёт никакой учебной цели, то эта работа была организована следующим образом.

Для выполнения проектного задания формировались группы из 2 или 3 обучающихся. На аудиторных практических занятиях студенты выполняли проектные расчёты, а графическое построение деталей в компьютерной программе осуществляли за счёт времени, выделяемого на самостоятельную работу. Печать деталей выполнял в течение недели лаборант, загружая в компьютерную программу файлы с графическими изображениями деталей, предоставляемыми студентами. Сборку конструкции устройства осуществляли сами студенты.

Также необходимо учесть материальные затраты на 3D-печать. В настоящее время на рынке имеются 3D-принтеры, работающие по разным технологиям, на разном сырье, с разной степенью точности, разной скоростью печати и разным программным обеспечением. Ценовой диапазон варьируется от 30000 руб. до 170000 руб. Как нам представляется, любой из этих 3D-принтеров может использоваться в учебном процессе. Всё зависит от потребностей и возможностей учебного заведения. Для того чтобы начать применение 3D-печати в учебном процессе, достаточно и одного принтера, но в зависимости от их количества учебный процесс нужно будет организовывать по-разному. Вполне достаточным для эффективной организации процесса обучения с использованием 3D-печати следует, по нашему мнению, считать наличие одного 3D-принтера на 5 студентов. Тогда на группу из 25 человек потребуется 5 принтеров. Кроме стоимости самих принтеров потребуются расходы на приобретение пластика. Наши расчёты показывают, что стоимость изготовления одного механизма обходится в менее чем в 300 руб. Затраты на изготовление механизма окупаются тем, что данный механизм в дальнейшем используется как средство наглядности при преподавании дисциплин «Детали машин» и «Теория механизмов и машин». В дальнейшем при неизбежном удешевлении стоимости принтеров и расходных материалов к ним затраты будут уменьшаться.

Таким образом, при правильной организации учебной работы значительных дополнительных финансовых затрат, материальных ресурсов и выделения дополнительных часов на дисциплины, использующие 3D-принтеры в учебном процессе, не требуется. Необходимо только внести изменения в должностную инструкцию лаборанта.

Принцип работы принтеров основан на послойном наложении расплавленного пластика. Этот процесс сопровождается не совсем приятным запахом. По утверждению изготовителей пластика, его испарения безвредны, но при длительной работе в помещении и при наличии нескольких работающих принтеров создаётся дискомфортная обстановка. Поэтому для печати на 3D-принтерах необходимо выделить отдельное помещение с принудительной вентиляцией. Принтер с компьютером занимают один учебный стол площадью 0,5 м². Но если компьютер использовать только для загрузки файла в 3D-принтер, то на весь комплекс принтеров достаточно будет одного компьютера.

Таким образом, внедрение 3D-печати в учебный процесс требует выделения помещения площадью ~ 15 м², оборудованного принудительной вентиляцией. На кафедре технологий, предпринимательства и методик их преподавания Иркутского государственного университета в течение пяти лет проводятся работы по применению 3D-принтеров в учебном процессе. Технология «быстро-

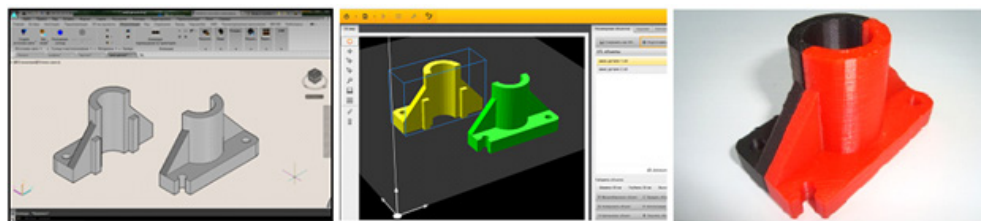
го прототипирования», т. е. создания работающей модели для демонстрации или проверки возможности её реализации, а также изготовление деталей на 3D-принтере были рассмотрены нами в более ранних работах [4]. За прошедшее время на кафедре создана учебная лаборатория 3D-моделирования, в которой имеются два 3D-принтера и 3D-сканер.

На первом курсе студенты направления Профессиональное обучение (транспорт) изучают графическую программу AutoCad в рамках дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика». Особую трудность у первокурсников вызывает пространственное представление предметов. Для того чтобы выполнить чертёж детали, необходимо представить её в пространстве или мысленно рассечь, чтобы получить сечение. Студенты, не владея образным мышлением и воображением, затрудняются изображать на плоскости геометрические образы, находящиеся в пространстве. А неправильное представление чертежа делает геометрическую задачу вообще неразрешимой. Создание графических образов, или графическое моделирование, необходимо не только для успешного обучения дисциплине, но и имеет немалое значение в конструкторской, технической деятельности, реализуется в повседневной жизни. Специфика дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика» требует рассмотрения большого количества геометрических построений, которые на слух воспринимать очень сложно. Поэтому особенно актуально для изучения данной дисциплины использование принципа наглядности: демонстрация макетов, рисунков, анимационных изображений, объёмных моделей.

Применение 3D-технологий в образовании рассматривалось разными авторами в ряде работ [1; 2; 3]. Основные выводы этих работ сводятся к проблеме повышения заинтересованности студентов к учебной дисциплине и повышения наглядности учебного материала. Мы считаем, что применение технологии 3D-печати в учебном процессе не только способствует повышению наглядности учебного материала, но и позволяет применить полученные знания при решении практических задач в ходе создания материальных объектов, что говорит о высокой степени сформированности профессиональных компетенций по изучаемой дисциплине.

На занятиях по инженерной графике использование 3D-принтера позволяет воплощать объёмные модели деталей в материале, что облегчает студентам понимание объёмных форм предмета, даёт возможность визуально и тактильно оценить и протестировать результаты работы (рис. 1).

Рис. 1. Изображение детали: а – деталь в программе AutoCad,



*б – изображение детали в прилагаемой к принтеру программе,
в – готовое изделие с фронтальным разрезом*



В программе AutoCad первокурсники выполняют чертежи по проекционному, техническому и машиностроительному черчению, изображают детали технических устройств, знакомятся с возможностью создания объёмных моделей. Если раньше для того, чтобы сопоставить выполненное изображение разреза детали с реальным объектом, можно было пользоваться только определённым набором упражнений, количество которых соответствовало числу имеющихся наглядных пособий, то с применением 3D-принтера студенты получают уже оригинальные, неповторяющиеся задания. Это исключило возможность использования учащимися уже готовых решений задач, полученных ранее студентами старших курсов. Применение 3D-принтера позволило упростить процесс понимания соответствия плоских графических изображений с его реальными прототипами. Это сократило затраты времени на формирование профессиональных компетенций.

Одно из требований, предъявляемых к чертежу, – это его обратимость, т. е. возможность воспроизвести форму и размеры предмета-оригинала. С внедрением в обучение 3D-технологий можно говорить не только об обратимости чертежа, но и об «обратной связи», когда по изготовленной модели детали студенты выполняют её комплексный чертёж. Например, студенты получают задание: «В программе AutoCad выполнить аксонометрическое изображение детали по её описанию, распечатать деталь на 3D-принтере». Следующее задание: «Выполнить комплексный чертёж распечатанной детали». Таким образом, студенты должны не только правильно построить трёхмерную модель детали по её словесному описанию, но и по готовой детали выполнить её чертёж, что показывает обратную связь: чертёж – деталь, деталь – чертёж.

После освоения технических дисциплин, таких как «Техническая механика», «Практическое (производственное) обучение», «Устройство автотранспорта», на которых студенты изучили основы расчёта и конструирования деталей и узлов механизмов и машин, на третьем курсе, при проведении практических занятий по дисциплине «Теория механизмов и машин», 3D-принтер применяется как устройство для достижения поставленной технологической задачи. Студенты после изучения темы «Синтез механизмов» получают практическое задание: «Спроектировать и изготовить механизм по заданной кинематической схеме». Все детали (звенья) на кинематических схемах изображаются условно в виде графических символов, которые лишь раскрывают принцип их работы. Ход выполнения данного задания состоит из четырёх частей:

1. Расчёт деталей механизма или изделия.
2. Трёхмерное изображение деталей в программе AutoCad.
3. Рациональное расположение деталей в прилагаемой к принтеру программе (одновременно можно печатать несколько деталей) и печать на 3D-принтере.
4. Сборка конструкции из деталей и проверка её работоспособности (рис. 2).



Рис. 2. Механизм «Преобразователь движения Да Винчи»

Для изготовления работающего механизма студент должен рассчитать размеры звеньев, продумать способ соединения звеньев, развести движение звеньев в разные плоскости, если траектории их движения пересекаются. Тем самым обучающийся вынужден решать комплекс проблем, сопровождающих создание реального механизма, в то время как теоретический расчёт механизма показывает лишь принципиальную возможность его работы. Кроме этого, у многих студентов абстрактное представление о функциях деталей механизма, основанное только на его плоском изображении, не всегда адекватно отражает их реальное назначение. Только изготовленный механизм позволяет устранить этот недостаток восприятия. Применение 3D-принтеров на практических занятиях по дисциплине «Теория механизмов и машин» позволило не ограничиваться формальным описанием функционирования технических систем, а довести процесс обучения до создания реально работающих объектов.

Наш опыт работы позволяет сказать, что применение 3D-принтера в обучении имеет ярко выраженную творческую направленность. Изготавливая изделия, студенты получают опыт созидательной деятельности, значению которого сложно дать оценку. Но бесспорно, что данный опыт может стать бесценным в их будущей профессиональной деятельности. В то же время такая методика обучения вызывает трудности для ряда студентов, имеющих невысокий творческий потенциал. Проблема эта решается, как уже говорилось выше, с помощью парной или групповой формы работы.

Как видно из рассмотренных методик применения 3D-принтеров в процессе преподавания инженерной графики и теории механизмов и машин, функция, которую выполняет 3D-принтер на них, разная. При преподавании инженерной графики 3D-принтер выступает как техническое средство обучения, преобразующее информацию в виде графического изображения в удобную для восприятия форму. В процессе преподавания теории механизмов и машин 3D-принтер является своего рода средством производства – технологическим оборудованием, назначением которого является изготовление необходимой детали. Можно сделать вывод, что применение 3D-технологий на занятиях по техническим дисциплинам позволяет студентам развивать образное мышле-



ние. Восприятие трёхмерной модели становится доступнее, когда они держат её в руках, и через тактильные ощущения происходит восприятие формы и размеров предмета.

В недалёкой перспективе 3D-печать может заменить в значительной степени традиционные технологии изготовления изделий из конструкционных материалов. Поэтому в ближайшем будущем следует ожидать пересмотра содержательной подготовки учителей технологии от обучения на металло- и деревообрабатывающих станках в пользу обучения работы на 3D-принтерах.

Перспективным нам также представляется применение 3D-принтеров в технических кружках робототехники. В настоящее время роботы собираются на основе принципа конструкторов Lego. Возможность изготавливать оригинальные детали позволит создавать роботов с нестандартизированными функциями.

Таким образом, процесс создания и изготовления трёхмерных моделей с применением 3D-принтеров становится простым и доступным каждому, что поднимает преподавание технических дисциплин на качественно новый уровень.

Список литературы

1. Гриц, М. А. Возможности 3D-технологий в образовании [Электронный ресурс] / М. А. Гриц, А. В. Дегтярёва, Д. А. Чеботарёва // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2015. – № 11, т. 2. – С. 925–927.
2. Лейбов, А. М. Применение технологий 3D-прототипирования в образовательном процессе / А. М. Лейбов, Р. В. Каменев, О. М. Осокина // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 93.
3. Сябренко, А. П. Использование технологии 3D-печати в образовательном процессе вуза / А. П. Сябренко, В. С. Тынченко // Развитие современного образования: теория, методика и практика : мат-лы VII Междунар. науч.-практ. конф. – Чебоксары: Интерактив плюс. – 2016. – № 1 (7). – С. 244–247.
4. Трухина, Н. В. Использование технологии 3D-печати при изучении технических дисциплин / Н. В. Трухина, А. И. Тимошенко // Образование. Технология. Сервис : Сб. трудов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 30-лет. фак-та технол. и предприним. НГПУ: В 2 ч. – Новосибирск: НГПУ, 2013. – Ч. 1. – С. 29–35.

Organizational and Methodological Problems of Implementing 3D-Printers into Studies

N. V. Trukhina, B. V. Gavrilyuk

Irkutsk State University, Irkutsk

Abstract: *The article is devoted to the problems of implementing 3D-technologies into studies. The factors to be necessary taken into account in arranging studies with the printer usage are considered. As an example, it is shown that using 3D-printer in teaching Descriptive geometry and Engineering drawing simplifies understanding of flat graphical picture correspondence to the real prototypes. It reduces the time required for professional competences forming. It is also concluded that 3D-printers usage in technical studies allows not to be limited by formal description of technical systems functioning but create really working objects while teaching.*

Key words: *3D-technologies, 3D-printer, technical disciplines, graphical picture, mechanism.*

**Гаврилюк
Борис Викторович**

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры технологий, предпринимательства и методик их преподавания

*Педагогический институт,
Иркутский государственный университет*

664011, Иркутск, ул. Нижняя Набережная, 6

*тел.: 8(3952)203141
e-mail: bvgavr@mail.ru*

**Gavrilyuk
Boris Viktorovich**

Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Associate Professor of the Department of Technology, Entrepreneurship and Teaching Methods

*Pedagogical Institute,
Irkutsk State University*

6 Nizhnyaya Naberezhnaya St., Irkutsk, 664011

*tel.: 8(3952)203141
e-mail: bvgavr@mail.ru*



**Трухина
Наталья Владимировна**

*старший преподаватель кафедры
технологий, предпринимательства
и методик их преподавания*

*Педагогический институт,
Иркутский государственный уни-
верситет*

*664011, Иркутск, ул. Нижняя Набе-
режная, 6*

*тел.: 8(3952)203141
e-mail: nattr@mail.ru*

**Trukhina
Natalia Vladimirovna**

*Senior Lecturer of the Department
of Technology, Entrepreneurship and
Teaching Methods*

*Pedagogical Institute,
Irkutsk State University*

*6 Nizhnyaya Naberezhnaya St.,
Irkutsk, 664011*

*tel.: 8(3952)203141
e-mail: nattr@mail.ru*