

Рыжков Андрей Игоревич

Кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой Информатики и дискретной математики, Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск. E-mail: andrewry@mail.ru

СПЕЦКУРС «3D-ПЕЧАТЬ И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ» В СТАРШИХ КЛАССАХ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Статья посвящена технологии организации и методике преподавания спецкурса «3D-печать и 3D-моделирование» в старших классах; вопросам выбора программного обеспечения, соответствующих содержательных тем и форм проведения занятий такого курса; роли получаемых учащимися знаний по 3D-моделированию и 3D-печати для мотивации изучения других школьных предметов: математики, физики, информатики. Приводятся результаты такой работы в двух школах – научно-исследовательские проекты школьников, отмеченные на конференциях различных уровней.

Ключевые слова: 3D-моделирование, 3D-печать, 3D-принтер, обучение, межпредметные связи, FDMFFF-технология печати, свободное программное обеспечение, FreeCAD, Blender, OpenSCAD, RepetierHost, Slic3r, KiSSlicer, LMS Moodle.

Rytkov Andrej Igorevich

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Informatics and Discrete Mathematics, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk. E-mail: andrewry@mail.ru

ELECTIVE COURSE «3D-PRINTING AND 3D-MODELLING» IN HIGH-SCHOOL

The article is about the technology of organization and methods of teaching a special course “3D-printing and 3D-modeling” in the high-school; The choice of software, relevant content topics, and the forms of conducting such a course; The role of students' knowledge in 3D-modeling and 3D-printing to motivate the study of other school subjects, such as: mathematics, physics, computer science. The peculiarity of our teaching method lies in reliance on free software, and in the study of three different approaches to 3D modeling.

Keywords: 3D-modelling, 3D-printing, 3D-printer, education, Intersubject communications, FDMFFF-technology printing, libre software, FreeCAD, Blender, OpenSCAD, RepetierHost, Slic3r, KiSSlicer, LMS Moodle.

Многие средние образовательные учреждения (школы, лицеи, гимназии) открыли и продолжают открывать инженерные классы по собственной инициативе или в рамках проекта «Реиндустриализация» [1, с. 152]. Но о содержании образовательных программ инженерных классов нет общего мнения в педагогической среде, кроме того, что такое образование должно давать представления

об инноватике и инновациях, современном положении дел в передовых отраслях техники и технологии [2, с. 84]. Поэтому, эти учебные программы в разных учреждениях существенно отличаются. Общим является увеличение количества часов по математике и физике, часто добавляют предмет «Основы робототехники», который в большинстве случаев сводится к изучению конструктора «Лего»

[6–9]. В остальном – дополнительные предметы, элективные курсы – каждое образовательное учреждение решает самостоятельно, что добавить, исходя из возможностей школьных педагогов и привлекающихся совместителей.

Одним из приоритетных предметов, в проведении которого заинтересованы школы – это «3D-печать и 3D-моделирование». Определяется это разными причинами: открытие инженерных классов, а также проведением олимпиад «JuniorSkills», в которых есть соответствующая секция [5]. Кроме этого, с 2017 года «Ассоциация 3D-образования» проводит Всероссийскую олимпиаду по прототипированию для смешанных команд студентов и школьников.

Следует отметить, что кроме удешевления 3D-принтеров FDM/FFF-технологии печати, их электронных компонентов и общего внимания со стороны прессы к новой быстро развивающейся технологии, которая работает на популяризацию технического творчества нового типа, существуют более глубокие причины для возникновения и развития этого нового в образовании направления. Это – мотивационная функция. Опыт показывает, что изучение и освоение технологии 3D-моделирования и 3D-печати быстро и точно даёт ответ на вопрос, зачем нужно изучать математику, физику и информатику.

Школьники, начинающие изучать эту технологию, сталкиваются с тем, что без специфических математических расчётов, манипуляций с функциями, без методов решения геометрических задач на построение, моделировать точные объекты не получаются; для вывода финальной модели на 3D-печать без понимания процессов плавления (кристаллизации), явлений диффузии и адгезии придётся руководствоваться методом проб и ошибок; в зависимости от метода моделирования (связанного со знанием ПО), время на эту работу может существенно

различаться. Таким образом, у учащихся быстро складывается понимание: чтобы изготовить интересную поделку, надо много знать и уметь. Это является очень мощным стимулом для быстрого устранения пробелов в знаниях точных предметов.

Важным компонентом построения эффективного и содержательного курса «3D-печать и 3D-моделирование» является выбор программной платформы, на которой будет происходить обучение. На данный момент существует широкий спектр вариантов программного обеспечения с различным уровнем сложности и различными возможностями. Несмотря на это, при выборе преподаватель, как правило, руководствуется субъективными предпочтениями, и вопрос решается в пользу разрекламированного, активно продвигаемого в учебные заведения проприетарного (собственного) программного обеспечения. Как правило, используются программы: «Компас-3D», «3DsMax», «SolidWorks», «AutoCAD», «Inventor» и другие [10]. Аргументы об удобстве, приводимые в пользу такого выбора, представляются искажёнными: под «удобством» часто понимается привычность. В свою очередь, свободное программное обеспечение для обучения больше подходит из-за бесплатности и универсальности в части внутренней и внешней совместимости, отсутствия ограничений в использовании, и других преимуществ [3]. Переход на другое ПО осуществляется достаточно легко при наличии понимания общих принципов работы соответствующих программ. Поскольку безопасность использования (и в технологическом и в юридическом смыслах) является необходимым условием преподавания данной дисциплины, мы делаем выбор в пользу СПО.

Следующим компонентом, формирующим содержание и методологию преподавания курса, является выбор основ-

ного направления 3D-моделирования. В 3D-моделировании существует несколько принципиально различных подходов, в зависимости от цели применения. Можно выделить три основных направления: классическое инженерное моделирование в САД-системах, моделирование иррегулярной сетки, и, относительно недавно появившееся, программирование 3D-объектов. Наш подход в обучении 3D-печати и 3D-моделированию заключается в изучении основ всех трёх направлений с последующим выбором одного из них для выполнения творческого или научно-исследовательского проекта.

Имеющийся опыт организации занятий по преподаванию предмета «3D-печать и 3D-моделирование» в двух средних образовательных учреждениях г. Новосибирска (МБОУ Аэрокосмический Лицей им. Ю. В. Кондратюка и МБОУ Лицей № 126) показывает эффективность описанной выше схемы. Двухлетний курс состоит из нескольких последовательных содержательных частей (способы моделирования) и одной «сквозной» темы (сама технология 3D-печати). Первый год обучения начинается с краткого изучения основ технологии, устройства 3D-принтера, схем механики и прочих базовых знаний. Затем от 3 до 4 месяцев изучаются основы моделирования в свободной бесплатной программе «FreeCAD». Когда ученики начинают удовлетворительно моделировать относительно простые объекты, преподаватель демонстрирует корректировку модели для печати, настройку слайсера (программа для перевода 3D-моделей в формат, доступный для 3D-принтера), работу 3D-принтера для демонстрации результатов моделирования. На данном этапе изучение технологии данных процессов не является обязательным. По мере развития интереса, появления и развития навыков моделирования, дети учатся изображать более

сложные объекты, вместе с этим растёт мотивация к изучению технологического процесса.

После изучения основ инженерного моделирования в программе «FreeCAD» переходят к изучению другого подхода к 3D-моделированию – к работе с иррегулярной сеткой, конкретно – изучению свободной бесплатной программы «Blender». В рамках данной части курса школьники осваивают приёмы твердотельного моделирования, на сленге – «работа с мешем», так называемой иррегулярной сеткой – множеством вершин, связанных рёбрами, образующих плоскости. Специфика «Blender» такова, что в этой программе относительно легко можно моделировать многогранные объекты «эстетической направленности»: скульптуры, брелоки, вазочки, маски. Но в ней крайне сложно моделировать объекты инженерного характера, которые имеют точные размеры в метрической системе. В связи с этим, многие учащиеся сталкиваются с трудностью: принципиальные отличия в способах моделирования в разных программах «ломают» привычную поступательную линию развития учебного предмета «от простого к сложному». Опыт показывает, что такое переключение – эффективный способ погасить нарождающуюся психологическую инерцию по отношению к содержанию предмета «3D-печать и 3D-моделирование». По нашим наблюдениям инерция выражается в неподтвержденном стремлении использовать ранее изученные программы и инструменты для выполнения новых заданий.

Третьим блоком в первом году обучения выступает обучение моделированию в программе «OpenSCAD», также свободной и бесплатной. Особенность этой программы заключается во встроенном в неё языке программирования высокого уровня, с «Си-подобным» синтаксисом и доступной для школьника семантикой. Код программы, написанный в левой ча-

сти окна программы, визуализируется в правой части окна, что позволяет отслеживать влияние вносимых в модель изменений. Структурно язык программирования «OpenSCAD» не сложнее общепринятых учебных ЯП «Бейсик», «Лого», «Паскаль» и тому подобных: он содержит порядка 50 операторов и классические алгоритмические структуры: линейный алгоритм, счётный цикл, условный оператор. Имеются также процедуры и функции (в терминологии «OpenSCAD» – модули), есть возможность использовать рекурсию [4, с. 13].

Изучение этой программы положительно влияет на формирование межпредметных связей. Было замечено, что достаточно абстрактные алгоритмические приёмы, изученные на общем предмете «Информатика», становятся доступными при их использовании в курсе «3D-печать и 3D-моделирование», при обучении в программе «OpenSCAD» – в написании подпрограмм. Можно добавить, что в открытом доступе опубликовано большое количество библиотек для «OpenSCAD», их число продолжает расти. Сама среда тоже регулярно обновляется и «обрастает» дополнительными функциями; появилась и развивается «внешняя инфраструктура» «OpenSCAD»: популярный сайт thingiverse.com предлагает встроенную систему визуализации размещённых на нём параметрических моделей «OpenSCAD» с возможностью динамического изменения параметров.

Параллельно с темами «Blender» и «OpenSCAD» продолжается постепенное изучение слайсеров («Slic3r», «KiSSlicer») и другого смежного ПО для управления 3D-принтером («RepetierHost»), учащиеся совершенствуют навыки работы с ним.

Для проведения этого спецкурса был разработан курс электронного сопровождения в системе управления об-

учением «LMS Moodle», содержащий лекции-презентации, лабораторные и самостоятельные работы, доску почёта с информацией о достижениях самых трудолюбивых учеников, преподавательскую и ученическую галереи с фотографиями готовых моделей.

Таким образом, к концу первого года обучения каждый учащийся имеет разностороннее портфолио: кроме выполненных обязательных лабораторных работ, имеются самостоятельные работы, созданные, как минимум, с помощью трёх различных программ. И, как правило, к концу первого года обучения каждый учащийся успевает изготовить себе с помощью 3D-принтера несколько самостоятельно спроектированных моделей. Эти поделки можно классифицировать на 3 категории: к первой относятся механизмы и точные детали, как правило, утилитарного назначения (встречаются также детали лабораторных стендов и исследовательских приборов). Вторая категория (как уже описано выше) — «эстетического направления» (вазочки, коробочки, брелоки, закладки для книг и прочее). Третья категория – смешение первого и второго – поделки для моделизма: части и целые масштабные модели военной техники (танки, самолёты, подводные лодки и прочее).

Во второй год обучения включены комбинации методов проектов и системы семинаров. В конце первого года, перед каникулами, учащиеся получают задание: за лето выбрать учебный проект и собрать по нему информацию и в начале второго года обучения начинают его разработку. Когда учащиеся выбирают тему для проекта, они не имеют представления обо всей сложности проектирования и изготовления всех деталей проекта. Появляющиеся трудности в этой работе заставляют изучать программы и технологию глубже. Когда от учащихся поступают запросы по

конкретным (и достаточно объёмным) вопросам, преподаватель готовит отдельное занятие по этой теме для всей группы. Часто бывает и наоборот: когда отдельный учащийся продвигается в изучении конкретного вопроса достаточно далеко, преподаватель просит учащегося подготовить семинар для остальных учеников.

Во второй половине второго года обучения идёт работа по оформлению результатов и подготовка к участию в научно-практической конференции с выполненными проектами. Самые яркие результаты такой работы: подготовка проекта «3D печать и её использование в проектировании «БПЛА» в 2016 г, благодаря чему ученик АКЛ им. Кондратюка стал лауреатом различных научно-практических конференций 12 раз и получил различные дипломы первой степени. В 2017 году ученик лицея № 126 подготовил проект «Моделирование в OpenSCAD и изготовление с помощью 3D-принтера наглядных пособий по математике» и также стал лауреатом нескольких конференций, участвовал со стендовым докладом в Сахаровских чтен

ниях (Санкт-Петербург).

Преподавание предмета «3D-моделирование и 3D-печать» может быть организовано в средней школе, начиная с 9 класса, в группах до 10 человек при наличии соответствующего оборудования: достаточно современные компьютеры в классе, а также 3D-принтер.

Вотсутствии общепринятой методики преподавания этого предмета представляется наиболее объективным и эффективным способ освещения всех актуальных подходов к 3D-моделированию, хотя бы на базовом уровне, с тем, чтобы учащийся самостоятельно сделал выбор, какой из этих методов ему ближе, понятнее, и изучил его глубже при выполнении своего научно-исследовательского проекта.

Изучение основ технологии 3D-печати требует хорошего уровня знаний по математике, физике и информатике, поэтому учащиеся, обнаружив пробелы в своих знаниях по перечисленным предметам, начинают восстанавливать знания и обретают мотивацию для дальнейшего их углубления и пробы себя в научно-исследовательской работе.

Список литературы

1. Бодрунов С. Д. Интеграция производства, науки и образования как основа реиндустриализации российской экономики // Современные проблемы развития: материалы теоретического семинара в ИМЭМО РАН. – М.: ИМЭМО РАН, 2016. – Вып. II. – Т. 2. – С. 151–162.
2. Маврин Г., Хабибуллин Р., Макарова И., Ахметзянова Г. Профильные инженерные классы // Высшее образование в России. – 2008. – № 8. – С. 82–87.
3. Свободная лицензия. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Свободная_лицензия (дата обращения: 01.06.2017).
4. Голиков А. Ю. Возможности OpenSCAD для обучения 3D-моделированию // Шаг в науку: материалы научно-практической конференции студентов и магистрантов ИФМИЭО НГПУ (Новосибирск, 24–28 апреля 2017 г.): в 2 ч. – Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2017. – Ч. I. – С. 13–14.
5. Свиридова Н. В. JuniorSkills как инновационное направление в ранней профессионализации школьников // Евразийский союз учёных. – М., Новосибирск, ООО Международный Образовательный Центр, 2017. – № 10–3 (43). – С. 31–35.
6. Каменев Р. В., Луговских Т. С. Создание 3D-моделей робототехнических конструкций на основе деталей Lego // Образовательная робототехника: состояние, проблемы, перспективы: сб. статей Всероссийской научно-практической конференции. – Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2016. – С. 57–60.

7. *Нетесова О. С.* Методические особенности реализации элективного курса по робототехнике на базе комплекта LEGO MINDSTORMS NXT 2 // Информатика и образование. – 2013. – № 7 (246). – С. 74–76.

8. *Гребнева Д. М.* Достоинства и недостатки использования программируемых конструкторов LEGO при обучении робототехнике // Наука и перспективы. – 2017. – № 2. – С. 7–11.

9. *Табакаева А. А.* Применение конструкторов Lego Wedo 2.0 в школьной образовательной робототехнике // Информация и образование: границы коммуникаций. – 2017. – № 9 (17). – С. 111–113.

10. *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.