

<https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202402.488-495>
УДК 37.022+373.5

Обзорная статья

Организация обучения 3D-моделированию на основе межпредметности и преемственности курсов технологии и информатики на ступени общего среднего образования

А. Ю. Федосов¹, Т. А. Семенкова^{1,2*}

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный социальный университет», г. Москва, Российская Федерация

Адрес: 129226, Российской Федерации, г. Москва, ул. Вильгельма Пика, д. 4, стр. 1

² Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Нахабинская гимназия № 4», г.о. Красногорск, Московская область, Российской Федерации

Адрес: 143433, Российской Федерации, Московская область, г.о. Красногорск, п. Нахабино, ул. Школьная, д. 6

* tasemenkova@bk.ru

Аннотация

Введение. В статье представлены результаты анализа методических решений по организации обучения основам 3D-моделирования и прототипирования на основе межпредметности и преемственности школьных курсов технологии и информатики. Приведены планируемые результаты обучения по модулю «3D-моделирование, прототипирование, макетирование» в курсе технологии 7-9 классов, а также выявлена взаимосвязь содержания обучения 3D-моделированию и прототипированию в курсе технологии основной школы и базового курса информатики. Развитие полученных в школьном курсе технологии знаний и навыков в области 3D-моделирования и прототипирования реализуется на межпредметной основе в базовом курсе информатики и продолжается в старших (в том числе инженерных) классах. Такой подход будет способствовать включению в образовательный процесс более сложных инструментов и техник моделирования.

Материалы и методы. Авторами обоснован выбор соответствующего программного обеспечения и представлены методические разработки по формированию инженерных навыков в области 3D-моделирования в углубленном курсе информатики.

Результаты исследования. Результаты исследования позволяют прийти к выводу о том, что построение методики обучения основам 3D-моделирования и прототипирования в углубленном курсе информатики на уровне среднего общего образования на основе преемственности и межпредметности с курсом технологии основной школы – это эффективный инструментарий для развития инженерных навыков и творческого мышления обучающихся, реализации программы предпрофессиональной инженерной подготовки.

Обсуждение и заключение. Основой для изучения 3D-технологий является проектно-технологическая система обучения, которая основывается на творческой, учебно-познавательной и опытно-поисковой деятельности старшеклассников от творческого замысла до реализации идеи в завершенный проект.

Ключевые слова: 3D-моделирование, прототипирование, обучение информатике, межпредметность, 3D-графика, САПР

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Федосов А. Ю., Семенкова Т. А. Организация обучения 3D-моделированию на основе межпредметности и преемственности курсов технологии и информатики на ступени общего среднего образования // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2024. Т. 20, № 2. С. 488-495. <https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202402.488-495>

© Федосов А. Ю., Семенкова Т. А., 2024



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



Organization of 3D Modeling Training Based on Intersubject and Continuity of Technology and Computer Science Courses at the Stage of General Secondary Education

A. Yu. Fedosov^a, T. A. Semenkova^{a,b*}

^a Russian State Social University, Moscow, Russian Federation

Address: 4 Wilhelm Pieck St., build. 1, Moscow 129226, Russian Federation

^b Nakhabinskaya gymnasium No. 4, Krasnogorsk, Moscow region, Russian Federation

Address: 6 Shkolnaya St., Nakhabino 143433, Krasnogorsk, Moscow region, Russian Federation

* tasemenkova@bk.ru

Abstract

Introduction. The article presents the results of the analysis of methodological solutions for the training organizing in the basics of 3D modeling and prototyping based on the intersubject and continuity of school courses in technology and computer science. The planned results of training in the module "3D modeling, prototyping, prototyping" in the technology course for 7-9 classes are presented, and the relationship between the content of teaching 3D modeling and prototyping in the technology course of the basic school and the basic computer science course is revealed. The development of knowledge and skills acquired in the school technology course in the field of 3D modeling and prototyping is implemented on an interdisciplinary basis in the basic computer science course and continues in senior (including engineering) classes. This approach will facilitate the inclusion of more complex modeling tools and techniques in the educational process.

Materials and Methods. The authors justify the choice of appropriate software and present methodological developments for the formation of engineering skills in the field of 3D modeling in an advanced computer science course.

Results. The results of the study allow us to conclude that the construction of a methodology for teaching the basics of 3D modeling and prototyping in an advanced computer science course at the level of secondary general education on the basis of continuity and intersubject with the technology course of the main school is an effective tool for the development of engineering skills and creative thinking of students, the implementation of a program of pre-professional engineering training.

Discussion and Conclusion. The basis for the study of 3D technologies is a design and technological learning system, which is based on the creative, educational, cognitive and experimental search activities of high school students from the creative idea to the implementation of the idea into a completed project.

Keywords: 3D modeling, computer science, teaching, methodology, students, 2D and 3D graphics, CAD

Conflict of interests: The authors declares no conflict of interest.

For citation: Fedosov A.Yu., Semenkova T.A. Organization of 3D Modeling Training Based on Intersubject and Continuity of Technology and Computer Science Courses at the Stage of General Secondary Education. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2024;20(2):488-495. <https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202402.488-495>



Введение

В эпоху активного развития цифровых технологий 3D-моделирование активно применяется в различных отраслях общественной жизни. 3D-моделирование, как профессиональный навык, базируется на работе со специализированным программным обеспечением, в результате освоения которого на уроках информатики и технологии можно успешно решать задачи развития аналитических способностей, воображения и творческого мышления обучающихся. Необходимым условием является построение методически обоснованной программы обучения и выбор программного обеспечения, которые помогут учащимся всесторонне овладеть профессиональными навыками¹ [1-3].

Цель исследования – анализ существующих методических подходов к обучению 3D-моделированию и прототипированию в общеобразовательной школе при изучении технологии и информатики и определение новых методических решений на основе межпредметности и преемственности в изучении дисциплин с целью формирования и развития у учащихся навыков 3D-моделирования как элемента предпрофильной инженерной подготовки. В рамках исследования проанализированы существующие программные продукты, возможности изучения модуля 3D-моделирования в других предметах основного общего и среднего образования.

Материалы и методы

Современный рынок труда испытывает потребность в специалистах таких профессий в области компьютерной графики как векторный арт-мастер, аниматор, текстуровщик, CAD-мастер или специалист по моделингу, визуализатор, композер визуальных эффектов (от англ. *compositing* – компоновка, сборка), сетапщик (от англ. *setup* – настройка – человек, который занимается настройкой 3d-персонажа, то есть риггингом (от англ. *rig* – снаряжение, оснащение), VFN-дизайнер (от англ. *Rig*-снаряжение, оснащение), от англ. Visual Effects Artist – художник визуальных эффектов), специалист по 3D-освещению, 3D-оператор, художник по концептам, 3D-дизайнер локаций и уровней, специалист по “*matte painting*” (от англ. дорисовывание), т. е. специалист по созданию определенных иллюзий в окружающей среде или фотorealистичному дорисованию деклараций и т. п. Этот неполный перечень позволяет выделить такие профессии, для которых знание основ трехмерной графики в большей степени инженерного направления является неотъемлемым компонентом базовой подготовки [4-7].

Инженерный вектор сегодня отвечает национальным приоритетам нашей страны, что находит отражение в различных государственных проектах, в частности в проекте «Цифровая экономика», целью которых выступает приоритетное развитие инженерных решений и технологий.

Согласно Федеральной рабочей программе основного общего образования по предмету «Технология» (5-9 кл.)² в содержание обучения включены ключевые теоретические и практические аспекты 3D-моделирования. Ряд практических работ, представленных в курсе, позволят обучающимся познакомиться с основными принципами 3D-моделирования, макетирования и прототипирования. При наличии соответствующей технической базы учебного учреждения уже на этом этапе учащиеся могут узнать принципы, в соответствии с которыми происходит создание трехмерных моделей и могут научиться работать с программным обеспечением САПР, так же изучат возможности применения 3D-моделей в различных сферах производства и управления.

Представим планируемые результаты обучения по модулю «3D-моделирование, прототипирование, макетирование» в курсе технологии 7-9 классов.

Однако изучение основ 3D-моделирования и прототипирования реализуется в современной общеобразовательной школе также в рамках соответствующего модуля в курсе информатики в старшем звене, что позволяет обучающимся не только овладеть новыми специальными умениями и навыками, но и углубить знания в этой области, полученные в курсе технологии и помочь сознательно сделать выбор направления дальнейшего обучения, саморазвития, творчества и профессионального определения.

Закладывая прочные основы по работе с трехмерными моделями именно на уроках информатики углубленного уровня следует особое внимание уделить выбору подходящей среды для овладения учениками основами трехмерной графики.

При отборе программных средств, а именно 3D-редакторов, пригодных для применения в школьном курсе информатики, необходимо ориентироваться на следующие критерии³:

- уровень знаний обучающегося;
- учет возрастных особенностей (адаптированный интерфейс, язык интерфейса, наличие учебных материалов);
- технические характеристики (системные требования компьютера, платформа);
- ориентация на использование полученных навыков в профессиональной деятельности (сфера использования 3D-редакторов).

¹ Курамов М. С., Шварцкоп О. Н. Технологии 3Д моделирования в образовании // Профессиональное самоопределение молодежи инновационного региона: проблемы и перспективы : Сборник статей по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Красноярск, 14-25 ноября 2022 года. Ч. 1. Красноярск-Челябинск-Нижний Новгород-Москва: Красноярский ГАУ, 2023. С. 197-199. EDN: KDCFNI; Федосов А. Ю., Семенкова Т. А. Формирование базовых навыков прототипирования на ступени основного общего образования // Информационные системы и технологии: материалы международного научного конгресса по информатике: в 3-частях, Минск, 27-28 октября 2022 года. Минск: БГУ, 2022. С. 206-211. EDN: VEYPQM

² Федеральная рабочая программа основного общего образования «Технология» (для 5-9 классов образовательных организаций). М.: Институт содержания и методов обучения, 2023. 138 с. [Электронный ресурс]. URL: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/08/29_ФРП_Технология_5-9-классы.pdf (дата обращения: 07.02.2024).

³ Аддитивные производственные технологии в образовательном процессе / Е. В. Васильева, А. О. Жукова, Д. Ху [и др.] // Перспективные машиностроительные технологии : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 21-25 ноября 2022 года. СПб: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. С. 204-210. EDN: GICZYS



Таблица 1. Результаты обучения по модулю «3D-моделирование, прототипирование, макетирование»
 Table 1. Learning outcomes for the module “3D Modeling, Prototyping, Layout”

Уровень	Модуль «3D-моделирование, прототипирование, макетирование»	
	Кол-во часов	Результаты освоения
7 класс	12 часов	К концу обучения учащиеся должны: <ul style="list-style-type: none"> – знать термины и определения моделей и макетов, создавать макеты различных видов, в том числе с использованием программного обеспечения; – выполнять развертку и соединять фрагменты макета; – выполнять сборку деталей макета; – разрабатывать графическую документацию;
8 класс	11 часов	К концу обучения учащиеся должны: <ul style="list-style-type: none"> – разрабатывать оригинальные конструкции с использованием 3D-моделей; – проводить их испытание, анализ, способы модернизации в зависимости от результатов испытания; – создавать 3D-модели, используя программное обеспечение; – устанавливать адекватность модели объекту и целям моделирования; – проводить анализ и модернизацию компьютерной модели; – изготавливать прототипы с использованием технологического оборудования (3D-принтер, лазерный гравёр и другие)
9 класс	11 часов	К концу обучения учащиеся должны: <ul style="list-style-type: none"> – использовать редактор компьютерного трёхмерного проектирования для создания моделей сложных объектов; – изготавливать прототипы с использованием технологического оборудования (3D-принтер, лазерный гравёр и другие); – называть и выполнять этапы аддитивного производства; – модернизировать прототип в соответствии с поставленной задачей; – называть области применения 3D-моделирования

Источник: здесь и далее в статье все таблицы составлены авторами.

Source: Hereinafter in this article all tables were made by the authors.

Все эти возможности могут быть реализованы в системах автоматизированного проектирования, например, Компас 2D, Компас 3D (учебная версия)⁴ и др., которые могут являться оптимальным вариантом для применения в процессе обучения 3D-моделированию на уроках информатики в классах с углубленным изучением информатики, в том числе классах инженерного профиля. Данное программное обеспечение позволяет реализовывать трехмерные модели объектов, что способствует формированию у учащихся лучшего понимания пространственных аспектов, различных визуальных концепций и идей и включает в себя обширный набор инструментов и различных функций для создания учащимися различных реалистичных моделей для практического опыта применения 3D-моделирования у учащихся и способствует развитию их аналитических способностей, развивает воображение и креативное мышление [8-10]. Кроме того, Компас 3D (учебная версия) позволяет учащимся развивать навыки командного взаимодействия при работе над различными проектами.

Стоит отметить, что ведущие технические вузы нашей страны уже используют в системе образования программное обеспечение Компас 3D. Среди них не только столичные универси-

теты такие как МИРЭА, МИТУ-МАСИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МФТИ, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, но и целый ряд региональных университетов⁵.

Очень важно обеспечить «бесшовный» переход подготовленных школьников в технические вузы, а затем в профессию. Именно эта цель преследовалась при создании в школах классов инженерного профиля⁶.

Зарубежный опыт проведения занятий по 3D-моделированию с учениками представлен онлайн-средой TinkerCAD – браузерным приложением для 3D-проектирования и 3D-печати [11-14].

Несмотря на то, что авторы считают Компас 3D наиболее эффективным инструментом для формирования и развития навыков 3D-моделирования и прототипирования в основной и старшей школе, стоит упомянуть о наличии и иных программных продуктов (Blender, Autodesk Maya, SketchUp и др.), применение которых также может быть рассмотрено при разработке соответствующей методики обучения.

Развитие полученных в курсе технологии знаний и навыков в области 3D-моделирования и прототипирования может быть

⁴ КОМПАС-3D Учебная версия: официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <https://kompas.ru/kompas-educational/about/> (дата обращения: 07.02.2024).

⁵ Будь инженером! [Электронный ресурс] // АСКОН, 2004. URL: <https://edu.ascon.ru/main/users/references/> (дата обращения: 07.02.2024).

⁶ Щепелина Е. В. Развитие инженерного образования в общеобразовательной школе // Аспекты и тенденции педагогической науки: Материалы VII Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 20-23 декабря 2020 года / Под ред. И. Г. Ахметова [и др.]. СПб: Свое издательство, 2020. С. 8-13. EDN: IOREPS



реализовано в курсе информатики в старших (в том числе инженерных) классах. Такой подход будет способствовать включению в образовательный процесс более сложных инструментов и техник моделирования.

При разработке методики обучения 3D-моделированию в рамках школьного курса информатики на основе применения вышеназванного программного обеспечения следует учитывать, что обучающиеся уже будут знакомы со свойствами интерфейса и основными принципами его работы из курса технологии, таким образом реализуется межпредметная связь при изучении 3D-моделирования в курсах информатики и тех-

нологии в общеобразовательной школе. На этой основе в ходе изучения дисциплин учащимся постепенно предлагаются все более сложные задания по выполнению различных проектов с целью расширить возможности по практическому применению приобретенных навыков и обеспечить более глубокое понимание 3D-моделирования⁷. Учащиеся имеют возможность создания собственного проекта и на практике продемонстрировать уровень своих знаний и навыков. Педагогу следует формировать грамотную обратную связь по итогам реализации проектов [15-20].

Т а б л и ц а 2. Методические задачи применения Компас 3D при реализации практических работ

Table 2. Methodological tasks of using Compass 3D in the implementation of practical work

№ урока	Тема урока в КТП	Компас 3D (учебная версия)
1	Введение в 3D-графику. Проекции	Актуализация знаний по теме 3D-графики, прототипирования
2	Работа с объектами	Теоретический разбор элементов сборного чертежа. Анализ документации
3	Сеточные модели	Практическая работа № 1. Создание электронной модели, входящей в состав сборочной единицы. «Элемент вращения», «Элемент выдавливания»
4	Сеточные модели	Практическая работа № 2. Создание электронной модели, входящей в состав сборочной единицы. «Элемент вращения», «Элемент выдавливания»
5	Модификаторы	Практическая работа № 3. Создание электронной модели, входящей в состав сборочной единицы. «Вращение»
6	Контуры	Практическая работа № 4. Создание электронной модели, входящей в состав сборочной единицы. «Вращение»
7	Контуры	Практическая работа № 5. Создание электронной модели, входящей в состав сборочной единицы. «Механика»
8	Материалы и текстуры	Практическая работа № 6. Изучить инструментальную область «Сборки»
9	Текстуры	Практическая работа № 7. Наложение сопряжений
10	UV-развертка	Практическая работа № 8. Наложение сопряжений
11	Рендеринг	Практическая работа № 9. Элементы крепежа автоматического сопряжения
12	Анимация	Практическая работа № 10. Крепежные изделия
13	Анимация. Ключевые формы	Практическая работа № 11. Крепежные изделия
14	Анимация. Арматура	Вставка компонентов
15	Язык VRML	Вставка компонентов
16	Практическая работа: язык VRML	Организация полной сборки

Результаты исследования

Главной проблемой в подготовке будущих инженеров является адаптация содержания и средств обучения к изменению технологий программной инженерии, решение которой возможно в направлении фундаментализации профессиональной подготовки и преодоления разрыва между знаниями, полученными учениками при изучении различных учебных дисциплин

Представленные методические аспекты обучения основам 3D-моделирования на основе межпредметности школьных курсов информатики и технологий с применением программ-

ного обеспечения Компас 3D (учебная версия) позволяют в полной мере раскрыть возможности современного школьного образования в области 3D-моделирования и прототипирования и говорить о необходимости разработки новых методик обучения основам 3D-моделирования с использованием Компас 3D в углубленном курсе информатики на уровне общего среднего образования.

Обсуждение и заключение

Можно констатировать, что развитие компьютерных программных средств значительно стимулирует процессы визуализации

⁷ Визуализация учебного материала средствами системы КОМПАС-3Д / И. А. Легкова, С. А. Никитина, В. П. Зарубин, В. Е. Иванов // Современные проблемы высшего образования: материалы VII Международной научно-методической конференции, Курск, 28 апреля 2015 года / С. Г. Емельянов (отв. редактор). Курск: ЮЗГУ, 2015. С. 34-38.



материалов, построения 3D-объектов и объектов вращения, создания 3D-моделей. В процессе визуализации с использованием компьютерных технологий реализуется основной дидактический принцип наглядности, стимулируется познавательный интерес, возникает желание создавать модели объектов, которые нас окружают. Ученикам должно быть чрезвычайно интересно заниматься 3D-моделированием, поскольку они работают на результат. Кроме того, каждый из них должен добиться результата, воплощенного в сборке, что делает процесс моделирования более интересным и увлекательным.

В целом следует отметить, что инженерные навыки выпускников средней школы сегодня становятся всё более и более востребованы при овладении ими целым спектром современных профессий в сфере дизайна, строительства и архитектуры,

энергетике, авиации и др.

Развитие отечественной промышленности и сферы информационно-интеллектуальных услуг повысили уровень значимости отечественных специалистов в области информационных технологий. Именно поэтому так важно выстраивать преемственность знаний в области 3D-моделирования, которые учащиеся приобретают в курсе «Технологии» и далее в курсе школьной информатики. Это будет способствовать формированию будущих специалистов в сфере инженерии.

Комплексный подход к подготовке будущих специалистов в области 3D-моделирования и прототипирования в отечественной школе повысит конкурентоспособность отечественной сферы высоких технологий, будет способствовать росту инноваций и экономики.

Список использованных источников

- [1] Можаров М. С., Можарова А. Э. Работа в малых группах при обучении 3Д моделированию будущих учителей информатики и технологии // Информационно-коммуникационные технологии в педагогическом образовании. 2020. № 5(68). С. 52-54. EDN: WOAODK
- [2] Мудракова О. А., Латушкина С. А. Использование дидактических возможностей 3D-моделирования для развития пространственного мышления обучающихся // Вопросы педагогики. 2020. № 1-1. С. 139-144. EDN: TYXVOP
- [3] Матвеев В. В., Грибков Д. Н. Возможности 3D-моделирования для развития исследовательских умений школьников в условиях дополнительного образования // Концепт. 2024. № 1. С. 56-77. <https://doi.org/10.24412/2304-120X-2024-11005>
- [4] Похолков Ю. П. Инженерное образование России: проблемы и решения. Концепция развития инженерного образования в современных условиях // Инженерное образование. 2021. № 30. С. 96-107. https://doi.org/10.54835/18102883_2021_30_9
- [5] Семенкова Т. А., Федосов А. Ю. Формирование инженерного мышления школьников средствами 3D-моделирования в контексте реализации технологий STEAM-образования // International Journal of Open Information Technologies. 2024. Т. 12, № 12. С. 102-117. EDN: QCJLLX
- [6] Андрюхина Л. М., Гузанов Б. Н., Анахов С. В. Инженерное мышление: векторы развития в контексте трансформации научной картины мира // Образование и наука. 2023. Т. 25, № 8. С. 12-48. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2023-8-12-48>
- [7] Bushmeleva N. A., Isupova N. I., Mamaeva E. A., Kharunzheva E. V. Peculiarities of Engineering Thinking Formation Using 3D Technology // European journal of contemporary education. 2020. Vol. 9, issue 3. P. 529-545. <https://doi.org/10.13187/ejced.2020.3.529>
- [8] Малева А. А., Третьякова А. А. Практическая работа по 3D моделированию в «КОМПАС-3D» // Информатика в школе. 2018. № 10(143). С. 25-30. <https://doi.org/10.32517/2221-1993-2018-17-10-25-30>
- [9] Брянцева Р. Ф. Интегрированный подход в обучении информатике на примере использования Компас-3D // Наука и перспективы. 2017. № 2. С. 27-30. EDN: ZDUTUH
- [10] Фаритов А. Т. 3D-моделирование и прототипирование во внеурочной деятельности учащихся в школе // Педагогика и просвещение. 2019. № 4. С. 155-167. <https://doi.org/10.7256/2454-0676.2019.4.31700>
- [11] Chen Y., Cao L., Zhang Y. Teachers as makers: How K-12 teachers design 3D making lessons for classroom teaching // Education and Information Technologies. 2023. Vol. 28, issue 6. P. 6947-6975. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11475-w>
- [12] Klement M., Bártek K. 3D modelling and its use in education // Journal of Interdisciplinary Research. 2023. Vol. 13, issue 1. P. 30-34. <https://doi.org/10.33543/1301>
- [13] Üçgül M., Altıok S. The perceptions of prospective ICT teachers towards the integration of 3D printing into education and their views on the 3D modeling and printing course // Education and Information Technologies. 2023. Vol. 28, issue 8. P. 10151-10181. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11593-z>
- [14] The role of productive failure in 3D printing in a middle school setting / B. Dickson [et al.] // International Journal of Technology and Design Education. 2021. Vol. 31, issue 3. P. 489-502. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09568-z>
- [15] Зенкина С. В., Савченкова М. В. Использование 3D редакторов в урочной и во внеурочной деятельности // Инфоком. 2018. № 1(2). С. 45-53. EDN: YLHRSP
- [16] Павлов Н. Г. Основы создания примитивов посредством 3D-моделирования и 3D-печати // Техническое творчество молодежи. 2019. № 3(115). С. 28-34. EDN: JPKDNL
- [17] Рыжков А. И. Спецкурс «3D-печать и 3D-моделирование» в старших классах средней школы // Вестник педагогических инноваций. 2018. № 1(49). С. 127-132. EDN: YTXYKE
- [18] Ford S., Minshall T. Where and how 3D printing is used in teaching and education // Additive Manufacturing. 2019. Vol. 25. P. 131-150. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.10.028>



- [19] Huang T. C., Lin C. Y. From 3D modeling to 3D printing: Development of a differentiated spatial ability teaching model // *Telematics and Informatics*. 2017. Vol. 34, issue 2. P. 604-613. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2016.10.005>
- [20] Nemorin S., Selwyn N. Making the best of it? Exploring the realities of 3D printing in school // *Research Papers in Education*. 2017. Vol. 32, issue 5. P. 578-595. <https://doi.org/10.1080/02671522.2016.1225802>

Поступила 07.02.2024; одобрена после рецензирования 19.04.2024; принята к публикации 20.05.2024.

Об авторах:

Федосов Александр Юрьевич, профессор кафедры информационных технологий, искусственного интеллекта и общественно-социальных технологий цифрового общества, ФГБОУ ВО «Российский государственный социальный университет» (129226, Российская Федерация, г. Москва, ул. Вильгельма Пика, д. 4, стр. 1), доктор педагогических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2621-2218>, alex_fedosov@mail.ru

Семенкова Татьяна Александровна, аспирант кафедры информационных технологий, искусственного интеллекта и общественно-социальных технологий цифрового общества, ФГБОУ ВО «Российский государственный социальный университет» (129226, Российская Федерация, г. Москва, ул. Вильгельма Пика, д. 4, стр. 1); учитель, Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Нахабинская гимназия № 4» (143433, Российская Федерация, Московская область, г.о. Красногорск, п. Нахабино, ул. Школьная, д. 6), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0071-4751>, tasemenkova@bk.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

- [1] Mozharov M.S., Mozharova A.E. Working in small groups when teaching 3D modeling to future teachers of computer science and technology. *Informacionno-kommunikacionnye tehnologii v pedagogicheskem obrazovanii*. 2020;(5):52-54. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: WOAODK
- [2] Mudrakova O.A., Latushkina S.A. *Ispol'zovanie didakticheskikh vozmozhnostej 3D-modelirovaniya dlja razvitiya prostranstvennogo myshlenija obuchajushchihhsja* [Using the didactic possibilities of 3D modeling to develop students' spatial thinking]. *Voprosy pedagogiki*. 2020;(1-1):139-144. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: TYXVOP
- [3] Matveev V.V., Gribkov D.N. The potential of 3D-modeling for the development of students' research skills in the context of additional education. *Concept*. 2024;(1):56-77. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.24412/2304-120X-2024-11005>
- [4] Pokholkov Yu.P. Engineering Education in Russia: Problems and Solutions. The Concept of Development of Engineering Education in Modern Conditions. *Engineering Education*. 2021;(30):96-107. (In Russ., abstract in Eng.) https://doi.org/10.54835/18102883_2021_30_9
- [5] Semenkova T.A., Fedosov A.Yu. Formation of engineering thinking of schoolchildren by means of 3D modeling in the context of the implementation of STEAM education technologies. *International Journal of Open Information Technologies*. 2024;12(12):102-117. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: QCJLLX
- [6] Andryukhina L.M., Guzanov B.N., Anakhov S.V. Engineering thinking: Vectors of development in the context of the transformation of the scientific picture of the world. *The Education and science journal*. 2023;25(8):12-48. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2023-8-12-48>
- [7] Bushmeleva N.A., Isupova N.I., Mamaeva E.A., Kharunzheva E.V. Peculiarities of Engineering Thinking Formation Using 3D Technology. *European journal of contemporary education*. 2020;9(3):529-545. <https://doi.org/10.13187/ejced.2020.3.529>
- [8] Maleva A.A., Tretyakova A.A. Practical Work on 3D Modeling in Kompas-3D. *Informatics in School*. 2018;(10):25-30. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.32517/2221-1993-2018-17-10-25-30>
- [9] Bryantseva R.F. Integrated approach in learning of informatics on the example of using Kompas-3D. *Nauka i perspektivy*. 2017;(2):27-30. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: ZDUTUH
- [10] Faritov A.T. 3D modeling and prototyping in extracurricular activity of school students. *Pedagogy and education*. 2019;(4):155-167. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.7256/2454-0676.2019.4.31700>
- [11] Chen Y., Cao L., Zhang Y. Teachers as makers: How K-12 teachers design 3D making lessons for classroom teaching. *Education and Information Technologies*. 2023;28(6):6947-6975. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11475-w>
- [12] Klement M., Bártek K. 3D modelling and its use in education. *Journal of Interdisciplinary Research*. 2023;13(1):30-34. <https://doi.org/10.33543/1301>
- [13] Üçgül M., Altıok S. The perceptions of prospective ICT teachers towards the integration of 3D printing into education and their views on the 3D modeling and printing course. *Education and Information Technologies*. 2023;28(8):10151-10181. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11593-z>
- [14] Dickson B., Weber J., Kotsopoulos D., Boyd T., Jiwani S., Roach B. The role of productive failure in 3D printing in a middle school setting. *International Journal of Technology and Design Education*. 2021;31(3):489-502. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09568-z>



- [15] Zenkina S.V., Savchenkova M.V. *Ispol'zovanie 3D redaktorov v urochnoj i vo vneurochnoj dejatel'nosti* [Using 3D editors in class and extracurricular activities]. *Infokom.* 2018;(1):45-53. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: YLHRSP
- [16] Pavlov N.G. *Osnovy sozdaniya primitivov posredstvom 3D-modelirovaniya i 3D-pechatи* [Fundamentals of creating primitives using 3D modeling and 3D printing]. *Tehnicheskoe tvorchestvo molodezhi.* 2019;(3):28-34. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: JPKDNL
- [17] Rygkov A.I. Elective Course "3D-printing and 3D-modelling" in high-school. *Journal of Pedagogical Innovations.* 2018;(1):127-132. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: YTXYKE
- [18] Ford S., Minshall T. Where and how 3D printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing.* 2019;25:131-150. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.10.028>
- [19] Huang T.C., Lin C.Y. From 3D modeling to 3D printing: Development of a differentiated spatial ability teaching model. *Telematics and Informatics.* 2017;34(2):604-613. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2016.10.005>
- [20] Nemorin S., Selwyn N. Making the best of it? Exploring the realities of 3D printing in school. *Research Papers in Education.* 2017;32(5):578-595. <https://doi.org/10.1080/02671522.2016.1225802>

Submitted 07.02.2024; approved after reviewing 19.04.2024; accepted for publication 20.05.2024.

About the authors:

Alexander Yu. Fedosov, Professor of the Chair of Information Technologies, Artificial Intelligence and Social Technologies of Digital Society, Russian State Social University (4 Wilhelm Pieck St, build. 1, Moscow 129226, Russian Federation), Dr. Sci. (Ped.), Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2621-2218>, alex_fedosov@mail.ru

Tatyana A. Semenkova, Postgraduate Student of the Chair of Information Technologies, Artificial Intelligence and Social Technologies of Digital Society, Russian State Social University (4 Wilhelm Pieck St, build. 1, Moscow 129226, Russian Federation); Teacher, Nakhabinskaya gymnasium No. 4 (6 Shkolnaya St., Nakhabino 143433, Krasnogorsk, Moscow region, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0071-4751>, tasemenkova@bk.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

