

УДК 372.862

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО МЫШЛЕНИЯ УЧАЩИХСЯ: ПРИКЛАДНОЕ ОБУЧЕНИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЮ В СРЕДЕ OPENSCAD

*Ноговицына Марфа Николаевна,
учитель математики и информатики
МОБУ «Городская классическая гимназия»
городской округ «город Якутск»*

Аннотация. В статье рассматривается проблема развития пространственного мышления учащихся в условиях профильного обучения. Автор предлагает использовать среду OpenSCAD, основанную на скриптовом языке, для прикладного обучения трёхмерному моделированию. В статье представлена типология заданий на создание пространственных образов, соотнесение изображений, реконструкцию прототипа, мысленное преобразование объектов и приведены конкретные примеры упражнений, включая практические работы по моделированию традиционных якутских предметов. Обосновывается эффективность применения 3D-печати для повышения вовлечённости учащихся и превращения абстрактных задач в осязаемый результат.

Ключевые слова: тренды образования, пространственный интеллект, трехмерная графика (3D), среда OPENSCAD, разработка задач.

DEVELOPING STUDENTS' SPATIAL THINKING: APPLIED TRAINING IN 3D MODELLING USING OPENSCAD

*Nogovitsyna Marfa Nikolaevna,
Mathematics and Computer Science Teacher
City Classical Gymnasium
Municipal general education budget institution
The city of Yakutsk municipal district*

Abstract. This article examines the issue of developing spatial thinking of students within the context of specialised education. The author proposes using the OpenSCAD environment, based on a scripting language, for applied training in three-dimensional modelling. The article presents a typology of tasks for creating spatial images, matching images, reconstructing prototypes and mentally transforming objects, and provides specific examples of exercises, including practical work on modelling traditional Yakut objects. It considers the effectiveness of using 3D printing to increase student engagement and transform abstract tasks into tangible results.

Keywords: educational trends, spatial intelligence, three-dimensional graphics (3D), OpenSCAD environment, task design.

Введение

Современный мир невозможно представить без повсеместного использования компьютерной графики и инструментов визуализации данных, которые охватили все сферы – от искусства до науки. Однако в методике преподавания существуют противоречия. Несмотря на высокий интерес к развитию пространственного мышления со стороны психологии и педагогики, система упражнений и задач, необходимая для эффективного развития этого навыка, пока не сформирована в полной мере и не интегрирована в образовательную программу профильных классов.

Профилизация школьного образования и внедрение дифференцированного подхода актуализируют задачу разработки новых учебных курсов в сфере информационных технологий. Это необходимо для реализации принципа доступности качественного образования с учетом склонностей учащихся (например, к компьютерному моделированию). Владение инструментами 3D-графики является ключевым для будущих специалистов (аниматоров, текстурщиков), однако в действующих образовательных стандартах наблюдается дисбаланс: учебные программы не адаптированы под эти нужды, а объем часов недостаточен для полноценного развития компонента пространственного мышления.

Ситуация усугубляется недостаточной разработанностью диагностического инструментария: в арсенале педагогов мало методик для оценки уровня пространственного мышления старшеклассников. Кроме того, ощущается острый дефицит разнообразных упражнений и дидактических приемов, целенаправленно развивающих этот навык.

Опыт исследования

Анализ теоретических источников (И. Я. Каплунович, Ф. Н. Шемякин) [1, 2] показывает, что пространственное мышление формируется как совокупность усваиваемых знаний. Каждая образовательная область накладывает свои требования на этот процесс. В развитии личности этот вид мышления проходит стадии от наглядно-действенного к теоретическому. Переход к более сложным формам происходит через овладение специфическими системами работы с графикой и формирование соответствующих умений.

Хорошо известно, что учащиеся запоминают 10-20% того, что они слышат, 50% того, что они видят, и 90% того, что они делают. Поэтому, как говорил К.Д. Ушинский, необходимо «дать ему занятия, которые наполнят его душу, которые наполнят его навсегда, ибо в этом истинная цель воспитания, цель жизни, и эта цель есть сама жизнь» [3].

Актуальность применения 3D-технологий в работе с детьми в системе дополнительного образования неуклонно растет. Эта тенденция соответствует целям, заложенным в стратегических документах страны: национальном проекте «Образование» и федеральных программах («Цифровая образовательная среда», «Современная школа»), что подчеркивает государственный приоритет данной сферы.

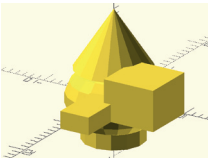
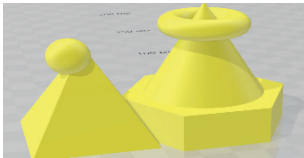
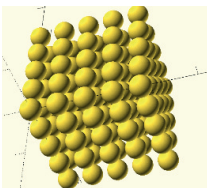
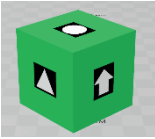
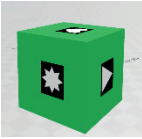
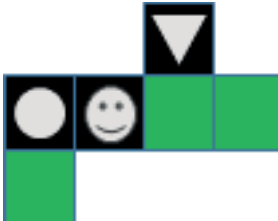
Введение профильного обучения в школах ставит перед педагогическим сообществом задачу обеспечения выпускников качественной подготовкой, соответствующей современным требованиям. Это диктует необходимость создания системы специализированного обучения для старшеклассников. В частности, требуется разработка и внедрение в учебные планы факультативов и модулей по 3D-моделированию. На данный момент развитию пространственного мышления на базовом и профильном уровнях уделяется дефицитное количество времени.

Пространственное мышление выступает основой для практической деятельности во многих сферах. Под этим термином понимается способность человека ориентироваться в трехмерном пространстве, визуализировать объекты и совершать с ними мысленные манипуляции. Владение этим навыком является обязательным условием для успешной работы архитекторов, инженеров, геодезистов, дизайнеров и специалистов по 3D-графике.

В исследованиях методистов-математиков (А.Б. Василевский, Г.Д. Глейзер, С.В. Петров и др.) [4] предлагаются решения задач по чертежу, на воображение, мысленного представления трехмерных фигур отдельными элементами, построения разверток трехмерных фигур, построения изображений нескольких трехмерных фигур на плоскости и построения сечений пространственных фигур. Исследователи обнаружили, что наиболее эффективным средством развития пространственного представления и воображения является решение задач, связанных с представлением пространственных фигур.

Основываясь на работах выдающихся ученых, я разработала виды задач на уроках по изучению раздела «Компьютерное 3d-моделирование»: для развития пространственного мышления учащихся составлены задания, относящиеся к реальным объектам, их изображениям, моделям и т.д. (таблица 1):

Таблица 1. Задания для развития пространственного мышления

1 тип: Задания на создание пространственных образов.	
Найдите, какие фигуры присутствуют на рисунке (Рис. 1 и Рис. 2)	  Рис. 1 Рис. 2
Сколько шаров на рисунке? (Рис. 3):	 Рис. 3
2 тип: Задачи на соответствие между изображением и его прототипом или между двумя различными изображениями.	
Составьте развертку данного куба (Рис. 4)	   Рис. 4 а) б) в)
	 Рис. 5. Пример развертки     а) б) в) г)

3 тип: Задачи, в которых решение начинается с рассмотрения изображения, для которого уже определено решение и заключается либо в реконструкции прототипа, либо в определении свойств прототипа.

1. Изобразите фигуру, получающуюся при вращении равностороннего треугольника вокруг прямой, параллельной оси треугольника и проходящей через его вершину.
2. Создайте два цилиндра с разными диаметрами, расположите вертикально горизонтально, проведите плоскость, параллельно Ox , через диаметр большого цилиндра. Удалите верхнюю часть и вертикальный цилиндр. (Рис. 6).

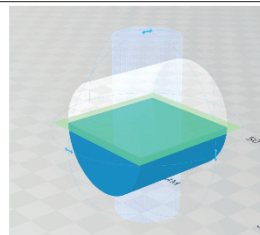
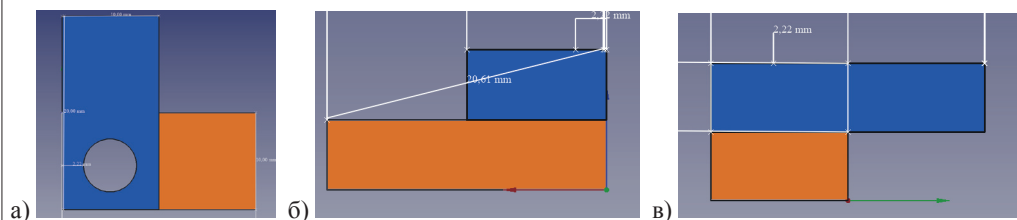


Рис. 6. Решение задачи

4 тип: Задания, предполагающие мысленное преобразование пространственных образов.

- 1) Создать конструкцию модели, по трем его измерениям (Рис. 7):

Рис. 7. Отображение объекта в трех проекциях



- 2) Создайте модель структуры, которая точно вписывается в заданное отверстие. Ответ на эту задачу является не единичным, а многогранным. В результате это обеспечивает развитие у учеников пространственного мышления и воображения. (Рис. 8) [5].

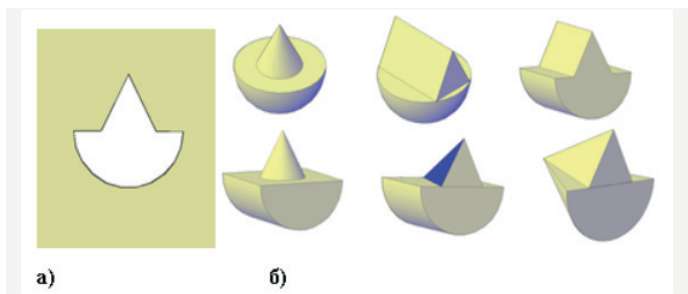


Рис. 8. Пример задания. Провести визуально фигуру через отверстие специальной формы.

Задачи должны обладать необходимыми характеристиками, такими как: связность элементов в системе, полнота, целевая достаточность, целевая ориентация, последовательность расположения задач по уровням: базовому и профильному [5].

Наиболее результативным способом развития пространственного восприятия является решение практических задач с использованием стереометрических объектов. Важно понимать, что развитие этого навыка должно быть встроено в основную учебную программу, а не оставаться прерогативой кружков и секций.

Педагогическая практика выделяет ряд эффективных приемов работы:

1. Стартовые упражнения: занятия рекомендуется начинать с коротких заданий на пространственную ориентацию («разминка»);

2. Визуализация: для объяснения материала необходимо использовать объемные демонстрационные модели;
3. Динамическая наглядность: полезным приемом является сборка сложного объекта из отдельных фрагментов (по принципу мозаики) непосредственно на доске;
4. Конструирование: важным этапом является создание учащимися макетов тел из разверток или сборка сложных деталей вручную;
5. Проектная деятельность: творческие задания, требующие логического анализа и создания уникальных проектов, способствуют раскрытию потенциала учеников, подготавливая их к решению задач по техническому конструированию в финале курса;
6. Цифровые инструменты: программы для трехмерного моделирования помогают понять устройство реальных тел, визуализировать невидимые связи и создавать реалистичные образы объектов.



Фото 1. Работа ученика на 3Д принтере

Внедрение технологии 3D-печати становится мощным стимулом для повышения качества образования. Главное достоинство этого инструмента – высокая вовлеченность учащихся. Возможность поддержать в руках физический объект, созданный своими руками, превращает абстрактную задачу в осязаемый результат. Это позволяет проводить анализ ошибок на практике и превращает учебный процесс в активную исследовательскую работу (фото 1).

Учащиеся старших классов, осваивающие профильные программы, при знакомстве с материалами по 3D-технологиям на уроках информатики неизбежно сталкиваются с необходимостью оперировать геометрическими терминами и понимать свойства объемных тел. Этот процесс представляет собой переход от простых пространственных представлений к умению создавать и визуализировать сложнейшие конструкции.

Достижение этой образовательной цели реализуется через выполнение практических работ разного уровня сложности. Ключевым инструментом здесь выступает среда OpenSCAD. Ее главное преимущество – использование скриптового языка для описания моделей (Рис. 9). Кодирование позволяет с высокой точностью задавать размеры объектов. Интерфейс программы дает возможность легко выполнять базовые трансформации: перемещать, вращать, а также комбинировать фигуры (сложение, вычитание) и применять цветовые заливки (Рис. 10). Кроме того, среда поддерживает использование математических выражений для генерации форм.

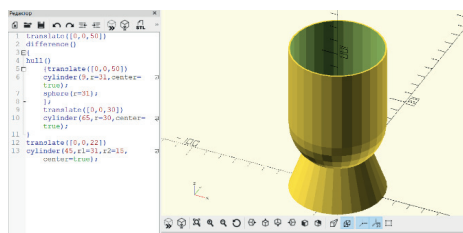


Рис. 9. Пример вытягивания фигур и создание оболочки

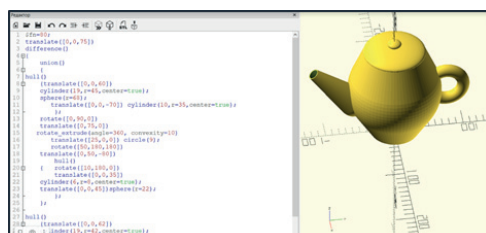


Рис. 10. Пример создания объекта со сложными вращениями, вычитаниями и объединениями

В результате такой работы, учащиеся осваивают основной синтаксис для построения 3D-моделей. Задания носят комплексный характер и направлены на развитие творческих способностей, формирование алгоритмического мышления и совершенствование пространственного воображения.

Изучение этой программы положительно влияет на формирование межпредметных связей. Изучение основ 3D-моделирования требует хорошего уровня знаний по математике, физике и информатике, у учащихся появляется мотивация для дальнейшего их углубления [6, с. 5].

Ниже демонстрируется один из примеров урока по теме: «Экструзия. Двухмерные объекты. Полигоны».

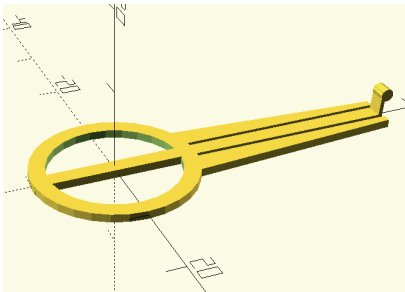
Из теории: Экструзия – это способ превращения 2D-формы в 3D-объект путём её вытягивания в третьем измерении. В OpenSCAD для создания плоских геометрических фигур используются примитивы:

- square – прямоугольник
- circle – круг
- polygon – произвольный многоугольник

Круги рисуются командой circle.

Если необходимо создать фигуру, которая не встроена в OpenSCAD, – используют команду polygon, задав вершины фигуры.

Пример: polygon([[0, 0], [10, 0], [10, 10]]); этот код рисует треугольник с вершинами в точках [0, 0], [10, 0], [10, 10].



Практическое задание: Создайте модель якутского варгана – «хомуса», используя полигоны и 2D-объекты, а затем выполните их экструзию для получения объёмной формы (Рис. 11). Для примера можно показать оригинальный хомус для лучшего визуального представления.

Рис. 11. Пример хомуса в OpenSCAD

Еще один пример практического занятия: «Экструзия с вращением и контуры».

Краткая теория: Функция rotate extrude используется для создания тел вращения на основе двумерных контуров. Она осуществляет вращение плоской модели вокруг оси Z, что позволяет получать объёмные объекты. Основные моменты работы функции: перед тем, как применять rotate_extrude, необходимо подготовить 2D-модель, расположенную полностью в позитивной части оси X (Рис. 12).

У функции всего три основных параметра:

angle – угол поворота вокруг оси Z. Позволяет настраивать полный или частичный вращающийся профиль.

convexity – параметр, который отвечает за правильное отображение сложных моделей в окне просмотра. Помогает корректно визуализировать модели с вырезами или остrokонечными деталями.

\$fn – уровень детализации кривых. По умолчанию его значение низкое, из-за чего кривые выглядят угловатыми. Чтобы сделать их более плавными, рекомендуется указывать больший \$fn.

Практическое задание: создайте якутскую посуду – чорон (Рис. 13)

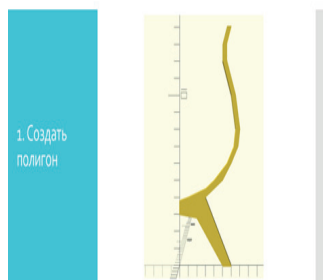


Рис. 12. Плоская модель до вращения оси

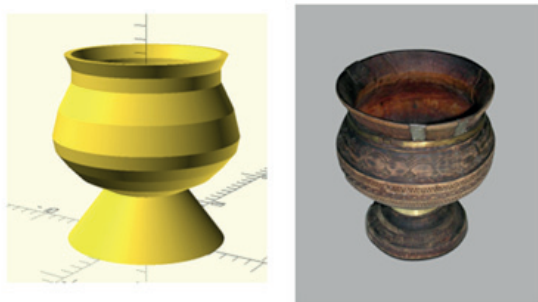
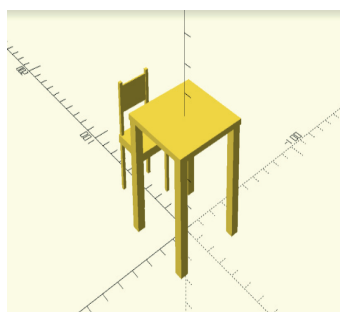


Рис. 13. Чорон после вращения объекта вокруг оси



В конце модуля ученикам дается творческая работа с применениями полученных знаний, где самостоятельно реализуют свои идеи в программе OpenSCAD (Рис. 14).

Учащиеся с удовольствием изучают и осваивают материал. Системность и творческая деятельность способствуют повышению уровня знаний учащихся по данной теме, влияет развитию пространственного мышления.

Рис. 14. Пример творческой работы по 3D-моделированию в OpenSCAD

Заключение

Предложенный в работе подход, основанный на прикладном обучении 3D-моделированию в среде OpenSCAD, позволяет органично интегрировать развитие пространственного мышления в учебный процесс. Использование скриптового языка программирования для создания трёхмерных объектов не только формирует у учащихся навыки работы с геометрическими фигурами, их трансформацией и композицией, но и укрепляет межпредметные связи с математикой, информатикой и физикой. Разработанная типология заданий (от создания пространственных образов до мысленного преобразования объектов) обеспечивает системность, последовательность и доступность обучения на базовом и профильном уровнях.

Литература и источники:

1. Каплунович И. Я. Развитие пространственного мышления школьников в процессе Развитие пространственного мышления школьников в процессе обучения математике : учебное пособие / И. Я. Каплунович. – Новгород : Новгородский региональный центр развития образования, 1996. – 100 с. <https://lib.mgppu.ru/opacunicode/index.php?url=/notices/index/IdNotice:177613/Source:default>
2. Шемякин Ф. Н. Ориентация в пространстве // Психологическая наука в СССР : в 2 т. / Ред. колл.: Б. Г. Ананьев и др. – М. : Изд-во АПН РСФСР, 1959. – Т. 1. – С. 140–192. <https://psychinedu.ru/index.php/main/article/view/145>

3. Ушинский К. Д. Избранные педагогические сочинения : в 2 т. Т. 1 : Вопросы воспитания / К. Д. Ушинский. – Москва : Государственное учебно-педагогическое издательство Министерства просвещения РСФСР, 1953. – 640 с. – Текст: непосредственный.
4. Василевский А. Б. Параллельные проекции и решение задач по стереометрии : пособие для учителей математики IX–X классов / А. Б. Василевский ; НИИ педагогики М-ва просвещения БССР. – Минск : Нар. асвета, 1978. – 104 с. – Текст: непосредственный.
5. Василенко А. В. Развитие пространственного мышления учащихся в процессе обучения геометрии: психологический аспект / А. В. Василенко // Преподаватель XXI век. – 2010. – № 2, ч. 1. – С. 170–174. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-prostranstvennogo-myshleniya-uchaschihsya-v-protsesse-obucheniya-geometrii-psihologicheskii-aspekt> (дата обращения: 10.03.2026). – Текст : электронный.
6. Цукарь А. Я. Уроки развития воображения : [пособие для учителей, воспитателей и родителей] / А. Я. Цукарь. – Москва : Айрис-Пресс, 2000. – 203 с. – Текст: непосредственный.
7. Якиманская И. С. Развитие пространственного мышления школьников / И. С. Якиманская. – Москва : Педагогика, 1980. – 240 с. – Текст: непосредственный.

References:

1. Kaplunovich I. Ya. Razvitie prostranstvennogo my'shleniya shkol'nikov v processe Razvitie prostranstvennogo my'shleniya shkol'nikov v processe obucheniya matematike : учебное пособие / I. Ya. Kaplunovich. – Novgorod : Novgorodskij regional'ny'j centr razvitiya obrazovaniya, 1996. – 100 s. <https://lib.mgppu.ru/opacunicode/index.php?url=/notices/index/IdNotice:177613/Source:default>
2. Shemyakin F. N. Orientaciya v prostranstve // Psixologicheskaya nauka v SSSR : v 2 t. / Red. koll.: B. G. Anan'ev i dr. – M. : Izd-vo APN RSFSR, 1959. – T. 1. – S. 140–192. <https://psychinedu.ru/index.php/main/article/view/145>
3. Ushinskij K. D. Izbranny'e pedagogicheskie sochineniya : v 2 t. T. 1 : Voprosy' vospitaniya / K. D. Ushinskij. – Moskva : Gosudarstvennoe uchebno-pedagogicheskoe izdatel'stvo Ministerstva prosveshheniya RSFSR, 1953. – 640 s. – Текст: neposredstvenny'j.
4. Vasilevskij A. B. Parallel'ny'e proekcii i reshenie zadach po stereometrii : posobie dlya uchitelej matematiki IX–X klassov / A. B. Vasilevskij ; NII pedagogiki M-va prosveshheniya BSSR. – Minsk : Nar. asveta, 1978. – 104 s. – Текст: neposredstvenny'j.
5. Vasilenko A. V. Razvitie prostranstvennogo my'shleniya uchashhixsya v processe obucheniya geometrii: psixologicheskij aspekt / A. V. Vasilenko // Prepodavatel' XXI vek. – 2010. – № 2, ch. 1. – S. 170–174. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-prostranstvennogo-myshleniya-uchaschihsya-v-protsesse-obucheniya-geometrii-psihologicheskii-aspekt> (data obrashheniya: 10.03.2026). – Текст : e'lektronny'j.
6. Czugar' A. Ya. Uroki razvitiya voobrazheniya : [posobie dlya uchitelej, vospitatelej i roditelej] / A. Ya. Czugar'. – Moskva : Ajris-Press, 2000. – 203 s. – Текст: neposredstvenny'j.
7. Yakimanskaya I. S. Razvitie prostranstvennogo my'shleniya shkol'nikov / I. S. Yakimanskaya. – Moskva : Pedagogika, 1980. – 240 s. – Текст: neposredstvenny'j.