

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Гуманитарно-педагогический институт

(наименование института полностью)

Кафедра «Дошкольная педагогика, прикладная психология»

(наименование кафедры)

44.04.01 Педагогическое образование

(код и наименование направления подготовки)

Дополнительное образование

(направленность (профиль))

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему РАЗВИТИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ВООБРАЖЕНИЯ У ДЕТЕЙ 12-13 ЛЕТ ПОСРЕДСТВОМ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

-

Студент

А.А. Чудин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

Т.Ю. Плотникова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Руководитель программы д.п.н., профессор И.В. Непрокина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.п.н., профессор О.В. Дыбина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Тольятти 2019

## Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Теоретические основы проблемы развития пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования в системе дополнительного образования.....	10
1.1 Характеристика пространственного воображения у детей 12-13 лет....	10
1.2 Потенциальные возможности 3D-моделирования в развитии пространственного воображения у детей 12-13 лет в системе дополнительного образования .....	22
Выводы по первой главе.....	32
Глава 2. Экспериментальная работа по развитию пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования в системе дополнительного образования .....	34
2.1. Выявление уровня развития пространственного воображения у детей 12-13 лет .....	34
2.2 Содержание и организация работы по развитию пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования .....	42
2.3 Выявление динамики уровня развития пространственного воображения у детей 12-13 лет .....	58
Выводы по второй главе.....	66
Заключение.....	68
Список используемой литературы.....	70
Приложения.....	73

## Введение

Актуальность. Развитие воображения подростков может влиять на познавательную, эмоционально-волевою сферу и на становление личности в целом. Согласно выводам ученых, пик развития пространственного воображения приходится на возраст 9-11 лет, а его активное развитие длится до 15 лет. В современных школах предмет «геометрия» обычно преподают с 7 класса по достижении детьми возраста 12-13 лет, когда развитие пространственного воображения начинает замедляться. Наверное, поэтому для большинства ребят геометрия является таким нелюбимым предметом, а учителя бьют тревогу о низком уровне пространственных представлений учащихся. Чтобы у ребенка не было трудностей с усвоением определенных предметов в школе и пространственными навыками, необходимо заниматься с ним самостоятельно родителям и по специально разработанным программам по развитию пространственного воображения в системе дополнительного образования.

«Пространственное воображение – вид умственной деятельности, обеспечивающей создание пространственных образов и оперирование ими в процессе решения различных практических и теоретических задач. Пространственное воображение есть такое психологическое образование, которое формируется в различных видах деятельности (практической и теоретической). Для его развития большое значение имеют продуктивные формы деятельности: конструирование, изобразительное (графическое)».

Высокий уровень развития пространственного воображения является необходимым условием успешного усвоения разнообразных общеобразовательных и специальных технических дисциплин на всех этапах обучения, подчеркивая тем самым актуальность данной темы исследования. Пространственное воображение является существенным компонентом в подготовке к практической деятельности по многим специальностям (Б.Г. Ананьев, Р.М. Грановская, Е.А. Захарова, Е.Н. Кабанова-Меллер,

Г.И. Лернер, Б.Ф. Ломов, Л.А. Минасян, А.М. Пышкало, В.В. Репьев, Н.Н. Столярова, И.С. Якиманская и др.).

Работа с 3D-моделированием – одно из самых «популярных» направлений использования информационно-коммуникационных, мультимедийных технологий, причем занимаются этой работой не только профессионалы, но и начинающие пользователи. Без компьютерной графики не обходится ни одна современная мультимедийная программа. Задачи, стоящие перед учащимися, интересны и часто непросты в решении, что позволяет повысить учебную мотивацию учащихся, развить их пространственное воображение, а также способности к информатике и определить взаимосвязь с математикой» (С.В. Гайсина, Е.Ю. Огановская, И.В. Князева, В.А. Шустова, М.А. Шустов).

Анализ научных исследований и педагогической практики позволил нам выявить противоречия:

– между требованиями современного общества к формированию личности с развитым пространственным воображением и недостаточным его развитием у детей 12-13 лет;

– между необходимостью развития пространственного воображения у детей 12-13 лет и недостаточным использованием возможностей 3D-моделирования для этих целей;

– между необходимостью оптимизации организационно-педагогических условий развития пространственного воображения детей 12-13 лет и недостаточной разработанностью научно-методического обеспечения механизмов реализации данного процесса.

На основании обнаруженных противоречий определена **проблема исследования:** каковы возможности 3D-моделирования в развитии пространственного воображения у детей 12-13 лет?

Необходимость разрешения выделенных противоречий и актуальность рассмотренной проблемы определили **тему исследования:** «Развитие

пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования в системе дополнительного образования».

**Цель исследования:** теоретически обосновать и экспериментально проверить возможность развития пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования в системе дополнительного образования.

**Объект исследования:** процесс развития пространственного воображения у детей 12-13 лет.

**Предмет исследования:** 3D-моделирование как средство развития пространственного воображения у детей 12-13 лет в системе дополнительного образования.

**Гипотеза исследования:** Развитие пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования будет возможным и эффективным, если:

– определены показатели развития пространственного воображения у детей 12-13 лет – способность к оперированию двухмерными и трёхмерными образами, способность анализировать целое через составляющие его части, мысленно изменять взаимное расположение представляемых образов, способность разбираться в чертежах и схемах.

– последовательно реализовано содержание работы по развитию пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования в системе дополнительного образования, включающее мотивационный, когнитивно-практический, творческий этапы;

– разработан комплекс дополнительных занятий по 3D-моделированию, ориентированный на развитие показателей пространственного воображения у детей 12-13 лет.

В соответствии с целью и гипотезой сформулированы следующие задачи исследования:

1) провести анализ педагогической, психологической, методической литературы по проблеме развития пространственного воображения у детей

12-13 лет посредством 3D-моделирования и выявить степень ее разработанности в теории и практике;

2) выявить уровень развития пространственного воображения у детей 12-13 лет;

3) разработать и реализовать содержание работы по развитию пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования в системе дополнительного образования;

4) проверить эффективность содержания работы по развитию пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования в системе дополнительного образования.

#### **Теоретические основы исследования:**

– исследования пространственного воображения (А.В. Белошистая, А.В. Василенко, В.А. Далингер и др.);

– исследования пространственного воображения в решении графических задач (Т.В. Богословская, А.Д. Ботвинникова, А.В. Василенко, Е.Н. Кабанова-Меллер, И.С. Якиманская и др.);

– исследования роли здоровьесберегающих технологий во время занятий за компьютером (Ю.В. Ахрамеева, И.Е. Вострокнутова, О.А. Лапина, А.П. Макаровская, И.В. Манахова, В.М. Степанов);

– исследования возможностей 3D-моделирования в развитии познавательных психических процессов у детей подросткового возраста 12-13 лет (А.И. Башмаков, И.А. Башмаков, С.В. Гайсина, И.В. Князева, Е.Ю. Огановская).

Для решения поставленных задач в работе использовались следующие **методы исследования:**

– теоретический анализ (изучение работ психологов, философов, педагогов по проблеме развития пространственного воображения в подростковом возрасте; изучение методических рекомендаций специалистов по проведению занятий с применением 3D-моделирования; анализ

концепций, учебных программ, и учебных пособий по компьютерной графике);

– эмпирические методы исследования (тестирование; констатирующий, формирующий и контрольный этапы эксперимента);

– методы обработки результатов (количественный и качественный анализы результатов исследования, метод наглядного представления материалов).

**Экспериментальная база исследования:** ГБОУ СОШ «Центр образования» пос. Варламово. В исследовании принимали участие дети 12-13 лет в количестве 44 человека.

### **Организация и этапы исследования.**

Исследования проводились в три этапа в период с 2017 по 2019 гг.

Первый этап – поисково-аналитический (2017 – 2018 гг.). На данном этапе была проанализирована психологическая и педагогическая литература по проблеме исследования, определена цель, гипотеза, задачи исследования, определен категориальный аппарат, разработана программа исследования, проведен констатирующий этап эксперимента и анализ его результатов.

Второй этап – экспериментальный (2018 – 2019 гг.). На данном этапе был проведен формирующий этап эксперимента. Было апробировано содержание работы по развитию пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования. Также был проведен контрольный этап эксперимента. Осуществлялась подготовка публикаций по теме исследования.

Третий этап – заключительный (2019 г.). На данном этапе осуществлялся анализ и обобщение полученных результатов экспериментальной работы, систематизация, формулировка выводов и текстовое оформление диссертационных материалов, подготовка публикаций по теме исследования.

**Научная новизна исследования:** выявлена возможность развития пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-

моделирования; определен комплекс диагностических методик по выявлению уровня развития пространственного воображения у детей 12-13 лет.

**Теоретическая значимость исследования:**

– выделены показатели и описаны уровни развития пространственного воображения у детей 12-13 лет;

– теоретически обоснованы и подобраны методы, упражнения и задания, используемые на занятиях по 3D-моделированию в системе дополнительного образования, которые способны влиять на развитие показателей пространственного воображения детей 12-13 лет.

**Практическая значимость** исследования определяется тем, что педагоги-психологи могут использовать разработанный комплекс диагностических методик для выявления уровня развития пространственного воображения у детей подросткового возраста; в практической деятельности педагогов дополнительного образования может быть использован комплекс занятий по развитию пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования.

**Достоверность и обоснованность научных положений** обеспечивается проведением исследований с опорой на теоретические положения психологии и педагогики; использованием и применением комплекса методов, адекватных цели, объекту, предмету, задачам исследования; количественным и качественным анализом; экспериментальной проверкой гипотезы.

**Апробация и внедрение результатов исследования.** Результаты исследования обсуждались на научно-исследовательском семинаре, представлены в отчетах по научно-исследовательской работе в семестре.

**На защиту выносятся следующие положения:**

1. Пространственное воображение детей 12-13 лет – это вид умственной деятельности, определяющийся способностью мысленно оперировать двумерными и трёхмерными представляемыми образами, «представлять» различные конструкции внутренним зрением в цвете и



деталях, определяя соотношения между отдельными их элементами, изменяя их взаимное расположение.

2. Развитие у детей 12-13 лет пространственного воображения обеспечивается последовательной реализацией содержания работы с применением 3D-моделирования в системе дополнительного образования, включающей: мотивационный этап (расширение представлений детей о 3D-технологиях, разработка заданного объекта с помощью простой программы для цифрового скульптинга Sculptris); когнитивно-практический этап (развитие у детей 12-13 лет навыков оперирования двумерными и трёхмерными образами посредством создания объектов в компьютерной программе Blender); творческий этап (интенсификация развития навыков, связанных с пространственным воображением, в ходе самостоятельного выполнения творческого задания по созданию 3D-модели заданного объекта).

3. Показатели и уровни развития пространственного воображения у детей 12-13 лет характеризуются способностью к оперированию двухмерными образами; способностью к оперированию трёхмерными образами; способностью анализировать целое через составляющие его части; способностью мысленно изменять взаимное расположение представляемых образов; способностью разбираться в чертежах и схемах.

**Структура диссертации.** Магистерская работа состоит из введения, двух глав, заключения, списка используемой литературы (29 источников), 5 приложений. Текст иллюстрирован 11 рисунками, 14 таблицами.

# **Глава 1. Теоретические основы проблемы развития пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования в системе дополнительного образования**

## **1.1 Характеристика пространственного воображения у детей 12-13 лет**

«Большое внимание в пространственных представлениях уделяется зрительным образам, так как их информационная ёмкость особенно велика. Они позволяют мгновенно схватывать отношения между реальной и представляемой ситуацией. Пространственные представления являются целостными субъективными образами пространственных объектов или явлений, которые отражены и закреплены в памяти на основе восприятия наглядного материала в процессе деятельности.

Такой взгляд на пространственные представления был взят за основу многими учёными-методистами при разработке методики формирования и развития пространственных представлений учащихся. Под пространственными представлениями они чаще всего понимают образ той или иной пространственной (геометрической) фигуры, отношения между ее элементами. Процесс формирования и развития пространственных представлений характеризуется умением мысленно конструировать пространственные образы или схематические конфигурации изучаемых объектов и выполнять над ними мыслительные операции, соответствующие тем, которые должны быть выполнены над самими объектами» [23, 25].

«Пространственным воображением Б.Ф. Ломов называл умение оперировать пространственными представлениями, а И.Г. Вяльцева – способность создания новых пространственных образов на основании ранее приобретенных представлений. Пространственное воображение, – пишет А.Д. Александров, – развитию которого служит геометрия, составляет важный компонент в общей способности человека к воображению и имеет

существенное значение в ряде отношений. Оно, разумеется, необходимо каждому человеку для ориентировки в окружающем мире и в развитой форме существенно для многих видов деятельности» [23].

Одним из видов образного воображения является пространственное воображение, которое обладает всеми характеристиками образного воображения и имеет свои специфические особенности. Наиболее развитая форма пространственного мышления формируется на основе графики, поэтому визуальные образы являются основными. Чтобы решить проблему использования различных типов графических изображений, постоянно наблюдается переход от визуального изображения, отражающего пространственные атрибуты и отношения к другим визуальным изображениям. На их основе строятся не только отдельные изображения, но и каждая картинка, и также их общая система.

Умение думать об этих образах в системе и описывать - пространственное воображение. Пространственное воображение раскрывает основные черты метафорического воображения, такие как динамика, кодирование изображений, взаимодействие с ними для создания новых и так далее. В частности, выбор систем пространственной привязки важен для создания пространственных изображений и включения их в процесс решения проблем.

Можно сказать, что пространственное воображение как неотъемлемая часть решения практических задач, связанных с ориентированием на местности, намного раньше проявляется, в отличие от нахождения связи между вещами и явлениями природы. Это особенно очевидно в ранних отдельных событиях. На основании теоретических положений С.Л. Рубинштейна и И.С. Якиманской метод исследования пространственного воображения представляет собой субъективное и объективное динамическое единство, и они близки и неделимы друг к другу. Эксперименты показали, что форма и уровень пространственного воображения зависит от объективного содержания материала (через его

наглядность, обусловленность, обобщение), а с другой стороны – от познавательной деятельности. Тема реализована в процессе решения задач, требующих создания и манипулирования пространственными изображениями.

Степень этой активности обусловлена владением предметом, то есть презентацией. Основываясь на том факте, что осмысление изображения является особым видом мыслительной деятельности по представлению визуального содержания, что не соответствует процессу создания изображения, И.С. Якиманская определила основную функцию пространственного воображения, которая относится к свободному функционированию пространственных образов, созданных на основе различных видений, преобразований с учетом требований поставленной задачи.

Пространственное воображение как основа образного воображения представляет собой репрезентативную деятельность, которая происходит в разных формах на разных уровнях. «Мы различаем два уровня этой деятельности: создание образа и манипулирование им», И.С. Якиманская. На каждом уровне можно различать разные виды обработки изображений и работать с ними, по словам И.С. Якиманского, в силу определенных условий. При создании изображения (в том числе пространственных изображений) зрительная база подвергается психологическим преобразованиям, которые формируются. Когда изображение используется для визуального образа, созданного на его основе, мысленно модифицируется, обычно в полностью отличающихся условиях.

Обработка изображений может различаться по сложности, что закладывает основы изучения возрастных и индивидуальных особенностей графического воображения. Преобразование изображения происходит на всех этапах жизни человека. Много публикаций (А.В. Запорожец, Н.Н. Поддьяков, О.К. Тихомиров, Я. Пиаже) приводят к следующей мысли – способность образного воображения является результатом сложных индивидуальных

процессов, которые происходят в детстве и у подростков. Процесс визуального образного и творческого воображения, закладываемые в дошкольном возрасте, играют важную роль не только в жизни детей, но и играет важную роль в работе взрослых рабочих, инженеров, исследователей и писателей. Запорожец указал, что по математике и теоретической физике ясно, что образно-абстрактное воображение должно иметь особое значение, причем главная роль заключается в интуитивном, визуальном метафорическом познании реальности. Об этом свидетельствуют воспоминания Н. Винера, П. Капицы, А. Эйнштейна.

Дж. Брунер высказал аналогичную точку зрения. Он подчеркнул, что понимание мира в первую очередь – это чувствительность и мотивация. Если вы сначала не можете включить всё в разум, особенно посредством физической активности по отношению к внешнему миру, вы ничего не можете включить в свой разум. Реалистичный смысл картографирования движений формируется не только в первые годы, но и постоянно развивается в жизни человека: мы не только учимся ходить, но и учимся кататься на лыжах. Для этого способа отображения реальности был добавлен так называемый иконический экран. Ребенок усваивает и запоминает образ реального объекта, который он воспринимает. Такое выражение мира с использованием психологических образов является первым шагом к символическому представлению и типично для школьного возраста. В подростковом и юношеском возрасте образный мир постепенно уступает место концептуальному. Это еще один способ узнать. Условия его развития – речь. Каждая из трех визуализаций – действенная, образная и символическая – отражает событие по-своему. Каждый из них оставил свой след в психологической жизни детей разных возрастов. Эти три формы сохраняются и развиваются во взрослой интеллектуальной жизни.

Вопросам исследования пространственного воображения посвящены работы психологов. И.Я. Каплунович, С.Л. Рубинштейн, Ф.Н. Шемякин, И.С. Якиманской. В этих исследованиях пространственное воображение

относится к мыслительной деятельности. В результате выбираются физические свойства «реальных объектов или их графических изображений (форма, размер, взаимное расположение и т. д.) При решении практических и теоретических задач эти функции создают изображения, которые могут меняться. Это сложный процесс, который включает в себя не только логические (языковые) операции, но также множество действий, которые невозможно выполнить без этих операций. Известно, что объект, представленный реальным, или объект, нарисованный различными графическими средствами, отличаются. В работе с изображениями они воссоздаются, переставляются и изменяются в нужном направлении. Картинка здесь является результатом исходного материала, основного блока и мышления» [12].

Создание пространственных образов, работа с ними и ориентация в пространстве – это основные процессы, которые психологи относят к пространственному воображению. Основой каждого учебного процесса является принцип обучения. Анализ современной педагогической и учебной литературы позволяет определить принципы обучения как базовый процесс учебного процесса, а его реализация обеспечивает достижение заявленных образовательных целей. Следовательно, принцип обучения является основным принципом, то есть законом, в котором предмет обучения должен играть роль. Ю.А. Коменский (1592-1670 гг.), Г. Песталоцци (1746-1827 гг.), И.Ф. Герbart (1776-1841 гг.), А. Дестервег (1790-1866 гг.) говорили о том принципе, что ясность является важнейшим принципом обучения и познания. К.Д. Ушинский (1824-1870 гг.) внес большой вклад в теоретическое развитие и применение четких принципов. Он понимает процесс «обучения через «визуализацию» обучения. «Это основано не на абстрактном представлении, а на конкретных изображениях, непосредственно связанных с объектом».

И.С. Якиманская изучала наглядность в наше время, приложив огромные усилия, акцентируя внимание на следующих типах наглядности: естественная реальная модель (реальные объекты, модели, геометрия,

перспективные изображения и т.д.), традиционные графические изображения (пересечение, профиль), символная модель диаграммы (графика, топология, диаграммы, формулы, математические символы и т.д.), аксонометрическая проекция и т.д.). Конечно, наглядность должна быть очень разнообразной по количеству различных типов и средств и разнообразию выполняемых функций. Согласно исследованию Н.В. Максименко, есть потребность преподавания геометрического материала в учебной программе начальной математики и формирования пространственных понятий и пространственного мышления» [12, 14] на его основе, и существующий традиционный подход в обучении не оспаривает какой-либо современный метод обучения. Анализ математических пособий по 5-6 классам, рекомендованным Министерством образования, также привел к пониманию необходимости введения курса «Визуальная геометрия» в качестве геометрической пропедевтики. Тем не менее, отдельные части курса не являются неограниченными. Поэтому необходимо максимально использовать время для внеклассных мероприятий. Система дополнительного образования (программы по интегрированной математике, географии и физическому воспитанию) предоставляют такую возможность. В «классической ориентации только с помощью компаса и карты (без навигационного инструмента) можно найти лес, контрольные точки в определенном порядке, чтобы построить по ним путь и дойти до финишной черты в кратчайшие сроки. Каждый видит связь с географией (ее частью) и основами» [13] человеческой жизни. Взаимосвязано пространственное воображение и с математикой.

Не секрет, что многие учащиеся не обладают достаточно развитым пространственным воображением. Проблема старая, но актуальная. Если учитель не решает ее еще тогда, когда ведет младшие и средние классы, то через несколько лет его уроки стереометрии с теми же учениками будут терять большую часть своей эффективности. Все психические процессы, в том числе и пространственное воображение, совершенствуются в результате

деятельности. Эта деятельность должна чем-то стимулироваться и направляться, т. е. необходима система упражнений.

Г.Д. Глейзер, Н.С. Метод, Н.Ф. Четверухин И.С. Якиманская и др. описывают следующие типы заданий в своих исследованиях, и их применение должно способствовать развитию компонентов пространственного воображения:

- восприятие, наблюдение, понимание и память реальных космических объектов и их предметных моделей и изображений;
- идентифицировать другие объекты или указанные объекты на изображении;
- изготовление чертежей, чертежей, макетов и их разработка;
- измерение, оценка глаз;
- соблюдайте естественные наглядные пособия и используйте учебные наглядные пособия (стационарные и мобильные);
- мысленное представление пространственных объектов, определение персонажей, создание новых изображений, изменение положения изображения, пространственной структуры или направления задачи;
- решение проблемных заданий из геометрического дизайна (фактические и вымышленные), данные о положении и метрических данных на проектируемых чертежах.

У С.Б. Верченко система задач для идентификации моделей описана в исследовании, чтобы рассмотреть чертежи и работать с моделями и чертежами одновременно.

В работе Е.Н. Кабановой-Меллер и А.Д. Ботвинникова подчеркивается эффективность использования графических материалов. Это способствует формированию пространственного воображения в его наиболее развитой форме, когда преобладают визуальные образы (способность отображать одну и ту же графику с разных сторон). Такая точка зрения является основанием для правильного рисования чертежей, поскольку форма объекта, показанного на рисунке, может быть определена только путем повторения анализа из



разных выступов. Тем не менее, технология восприятия пространственных изображений из их графических изображений, независимо от того, насколько она эффективна, не гарантирует успеха их воссоздания.

И.Г. Вяльцева подчеркивает, что посредством манипулирования пространственным изображением мы обращаемся к исходному изображению, которое предназначено для активации правильного направления, реконструкции, изменения, преобразования и создания умственной деятельности на основе нового изображения, а также графики в изображении презентации. Самый важный способ выразить это.

Понимание того, как пространственная графика рисуется на плоскости, создает необходимые условия для восстановления пространственного изображения путем восприятия изображения (рисунков) и выполнения над ними умственных действий.

Г.Д.. Глазер В.Н. Литвиненко, Л.А. Минасян, С.В. Петров, И.Г. Польский, А.А. Постнов по развитию пространственного воображения предлагают задачи с использованием чертежных решений, мысленное представлению отдельных элементов в объемных фигурах, проектирование объемных цифровых разверток, проектирование объемных изображений на самолете, построение сечения пространственных чисел. А.Я. Цукар разработал ряд упражнений для развития пространственного воображения А.Б. Васильевский определяет задачу пространственной обработки цифровых изображений как наиболее эффективную задачу развития пространственного воображения учащегося.

Чтобы преодолеть трудности в процессе обучения геометрии, вышеупомянутые методологи предлагают предоставлять теоретические материалы в форме задач, которые должны построить пространственную графику и структуры на изображениях этой графики. Этот метод создает опорную точку в обучении геометрии, которая позволяет:

- 1) формирование у ученика пространственного воображения, необходимое для овладения геометрическими знаниями;

2) сделать предмет геометрии понятным, легким в освоении и интересным;

3) систематическая подача геометрических знаний;

4) увеличить вариативность методов обучения и улучшить эффект обучения.

По их мнению, ряд задач в геометрическом процессе должен способствовать развитию каждого компонента пространственного воображения во всех аспектах. В этом смысле задачи особенно полезны при решении процесса необходимости выполнять графические преобразования. Кроме того, набор задач должен включать условия, которые требуют рассмотрения нескольких решений.

В исследовании Е.В. Знаменская подчеркивает роль моделирования в формировании пространственного представления как неотъемлемой части пространственного воображения. Оно включает в себя следующее:

1. Процесс создания модели объединяет логические и перцептивные, абстрактные и конкретные, общие и единичные, визуальные и другие элементы. Он приносит темы исследования из логической области предметной области и наоборот, предоставляя опытную информацию о тестировании, измерениях и расчетах. Это связь между геометрией и жизнью.

2. Создание модели является высшей формой обобщения теоретических и практических знаний о форме геометрии и способе ее материального воплощения, включая вычисления, построение, генерацию сканов и тому подобное.

3. Рассмотрение моделей ручной работы доставляет огромное эстетическое удовольствие. Процесс эстетической разработки включает в себя не только отдельные детали персонажей, даже не самих персонажей, но также идеи и методы их создания.

4. Модель является средством контроля соответствия абстрактного продукта оригинальному продукту.

5. Производство самой модели объединяет практически все виды образовательной деятельности [11].

Через моделирование мы узнаем о любых действиях, которые создают реальные и идеальные модели объектов по всему миру. Геометрия – это абстрактная модель этих объектов, а геометрическая (идеальная, графическая, тематическая) модель – это реальная модель объектной модели окружающего мира.

Изображение может быть идеальной моделью абстрактной модели реального объекта (объекта окружающего мира) и геометрии. В этом случае прототип будет объектом геометрии, окружающего мира. Графическими моделями геометрии являются чертежи и рисунки.

Полную и обширную феноменологию пространственного воображения удалось получить И.С. Якиманской. Они обнаружили присущие отдельным испытуемым три типа оперирования пространственными образами. Их содержание отражено в разных видах задач, требующих: изменения пространственного положения созданного образа (I тип); изменения структуры созданного образа (II тип); длительного и неоднократного изменения и пространственного положения, и структуры (III тип) [17]. Однако в этих работах исследования были акцентированы на выявлении феноменов процесса оперирования пространственными образами и проблемах их формирования. Задача описания психологических механизмов развития этих особенностей и процессов создания образов и ориентации в пространстве посредством дифференциации и интеграции подструктур пространственного воображения не ставилась [9].

Базисными для пространственного воображения являются основные подструктуры: топологическая, проективная, порядковая, метрическая и алгебраическая. С помощью первой из указанных подструктур – топологической – человек выделяет и оперирует такими гомеоморфными пространственными характеристиками, как непрерывность, компактность, связность, замкнутость образа. Проективная подструктура детерминирована

феноменом толерантности (отношения сходства) и позволяет индивиду распознавать, представлять, оперировать и ориентироваться среди пространственных объектов или их графических изображений с любой точки отсчета; устанавливать сходство (соответствие) между пространственным объектом и его различными проекциями (параллельной, ортогональной, центральной) и т.д. При этом принципиальным является умение устанавливать соответствие не между различными проекциями одного объекта, а между объектом и его проекциями. Опираясь на порядковую подструктуру пространственного воображения, человеку удается вычленять свойства квазипорядка, линейного или частичного упорядочивания множества различных пространственных объектов, устанавливать отношения иерархии по различным основаниям: ближе – дальше, больше – меньше, ниже – выше, направо – налево и т.д. Метрическая подструктура акцентирует внимание на количественных преобразованиях и позволяет определять числовые значения и величины длин, углов, расстояний. Наконец, с помощью алгебраической подструктуры удается соблюдать законы композиции, устанавливать обратимость пространственных преобразований, «свертывать» их, заменять несколько операций одной [12, 13].

Наряду с этими пятью базисными феноменами пространственного воображения выделяются четыре уровня развития пространственного воображения. Так, овладение окружающим пространством на ментальном уровне проявляется у ребенка старше трех лет в вычленении топологических характеристик объектов. Оно выражается в рисовании на бумаге, песке, реализации в движении «бесконечных» непрерывных связных линий. Одним из любимых занятий становится хождение по лабиринтам, которыми изобилует литература, адресованная дошкольнику. Здесь он с огромным удовольствием сначала графически, а затем и в воображении отыскивает непрерывный, компактный, связный путь движения.

Далее ребенок начинает дифференцировать окружающее пространство, не только отражая топологические характеристики (непрерывность,

компактность, замкнутость и т.д.), но и вычлняя характеристики пространственных объектов, их изображений. Это проявляется в быстром и легком установлении соответствия между похожими предметами, сходными изображениями, предметами и их изображениями, выполненными в различных проекциях и ракурсах. Наличие этого умения свидетельствует о появлении у него проективной подструктуры [14, 13].

Например, описывая комнату, испытуемые с I уровнем развития пространственного воображения хаотично фиксируют имеющиеся в ней предметы. А на вопрос «Как пройти к определенному объекту?» – бессистемно называют некоторые (и релевантные, и нерелевантные) ориентиры. Создать по их рассказу представление о комнате или пути движения очень сложно. Испытуемые со II уровнем проводят описание в рамках одной своей ведущей подструктуры. В случае метрического кластера оно звучит примерно так: «Комната 26 м<sup>2</sup>, в ней четыре окна, две кровати, одна тумбочка», или «Пройдете по этой улице 200м до колонки, затем еще метров 45 и увидите примерно в полукилометре белое здание с тремя огромными витринами». Испытуемые с III уровнем развития пространственного воображения по требованию могут последовательно описать предметы в комнате или объекты, встречающиеся по пути, указать порядок расположения или движения («над кроватью», «повернете налево»), проецировать ситуацию с различных точек отсчета – от себя, от объекта, от экспериментатора («если смотреть от двери», «прямо от вас»). Однако при этом явно доминируют отношения, гомоморфные ведущей подструктуре. В случае метрики – числа и величины в метрах, углах, единицах времени: «Минут через 10 Ваша дорожка повернет примерно на 30°, и в ста метрах будет вокзал», или «Повернете направо, затем налево и резко направо» – при ведущей порядковой подструктуре [13].

«Процесс формирования и развития пространственных представлений характеризуется умением мысленно конструировать пространственные образы или схематические конфигурации у изучаемых объектов и выполнять

над ними мыслительные операции, соответствующие тем, которые должны быть выполнены над самими объектами» [12]. Наиболее полное описание пространственного воображения было получено в результате исследований под руководством И.С. Якиманской. Важно подчеркнуть особенность пространственного воображения у подростков, в нашем случае детей 12-13 лет. Однако, в ходе анализа литературы и источников по данной тематике не было обнаружено исследований пространственного воображения у детей данного возраста, что подтверждает необходимость его изучения.

## **1.2. Потенциальные возможности 3D-моделирования в развитии пространственного воображения у детей 12-13 лет в системе дополнительного образования**

Одна из ведущих целей информатизации общества – это информатизация образовательного процесса. Основное назначение информатизации в образовании сводится к повышению эффективности процесса обучения за счёт использования компьютерных технологий. Компьютерные технологии позволяют:

1. Грамотно организовывать изучение нового материала в процессе обучения;
2. Повысить эффективность обучения за счёт включения сразу нескольких видов чувственного восприятия при демонстрации мультимедийного контента;
3. Реализовывать разноплановый подход обучения для детей с различными способностями и стилем обучения.
4. Осуществлять индивидуальный подход к учащимся, за счёт специфических особенностей компьютерных технологий;
5. Повышать эффективность всех уровней учебно-воспитательного процесса.

Одним из преимуществ компьютерных технологий в образовательном процессе является их способность создавать более яркую интерактивную среду, воздействующую сразу на несколько каналов восприятия информации. Информационные технологии в обучении, в отличие от обычных технических средств, помимо возможности получать большее количество информации, развивают интеллект, творческие способности учащихся и самостоятельность в процессе получения новых знаний, при работе различными источниками информации [4].

Одним из проявлений компьютерных технологий, представленных в нашей работе, являются 3D-технологии.

3D-технологии в сфере образования позволяют получить наглядные пособия и средства обучения, развить творческие способности учащихся, а также помогают привлечь внимание учеников, сделать процесс обучения интересным и наглядным.

Сегодня в сфере образования достаточно широко используется 3D-принтер, который позволяет школьникам и студентам проникнуться глубоко в изучаемую тему. Создание модели от ее компьютерной версии до печати реального объекта позволяют учащимся на реальных примерах освоить «идеи моделирования, познакомиться с технологией печати. Сложно представить объемную идеальную деталь в голове, заметить изъяны, а, распечатав деталь, ученик всегда может подкорректировать и попробовать снова и снова совершенствовать свою работу. К тому же, всегда приятно ощущать проделанную работу в руках. Также широко используются сами модели в учебном процессе, как средство обучения. Это возможность получить наглядное представление об идеях, написанных в тетради» [10].

Более широкое применение в образовательных целях имеет такой вид 3D-технологий как 3D-моделирование. Дадим определение данному понятию:

«3D-моделирование – это процесс создания трёхмерной модели объекта. Задача 3D-моделирования – разработать визуальный объёмный

образ желаемого объекта. При этом модель может как соответствовать объектам из реального мира (автомобили, здания, ураган, астероид), так и быть полностью абстрактной (проекция четырёхмерного фрактала)» [10].

Данная технология может быть использована в предметной области таких дисциплин, как:

- география – для моделирования и визуализации местности в трёхмерном виртуальном пространстве,
- история – с целью трёхмерного представления отдельных эпизодов исторических событий, археологических находок и т.д.
- анатомия – для визуализации различных частей тела и органов.
- биология и химия – моделирование молекул и цепочек ДНК

«Список сфер, где может использоваться технология 3D-моделирования не заканчивается представленными предметными областями, возможности данной технологии безграничны» [1].

За счёт возможности спроектировать конкретную модель того или иного объекта или явления реализуется главное преимущество данной технологии – повышение интереса учащихся к изучаемым дисциплинам. Благодаря включению учащихся в исследовательскую и творческую деятельность использование 3D-технологий в целом создаёт условия для активного обучающего процесса.

Как было упомянуто выше список сфер, где может применяться 3D-моделирование может быть достаточно обширным. Однако, большую пользу 3D-моделирование может принести если рассматривать его как инструмент развития способностей, влияющих на успешность освоения большинства дисциплин. Одной из таких крайне важных способностей, рассматриваемых в данной работе, является пространственное воображение, инструментом развития которой может выступать 3D-моделирование [5].

Ключевую роль моделирования в развитии пространственных представлений и воображения выделяла в своём исследовании Е.В. Знаменская [6]. Это выражается в следующем:



1. Моделирование геометрической фигуры совмещает собой теоретические и практические знания о данной фигуре, а также об её оригинальной версии в физическом мире.

2. Немаловажным фактором является получаемое удовольствие от самостоятельного создания модели объекта. При этом в большей степени это зависит не столько от созерцания итоговой модели объекта, сколько от самого процесса проектирования деталей будущей модели, выбора конкретного способа её конструирования.

3. Модель выступает как средство оценки соответствия мысленного представления объекта его материальному эквиваленту.

4. Процесс создания моделей интегрирует в себя почти все разновидности учебной деятельности.

Моделирование 3D фигур сопряжено с использованием специального программного обеспечения (ПО) на компьютере – 3D-редакторов.

На данный момент существует множество 3D-редакторов, позволяющих создавать виртуальные модели в трёхмерном пространстве. В своей работе мы используем программу Blender. Blender – это бесплатный набор инструментов для создания 3D-контента. Он поддерживает 3D-моделирование, создание различных видов анимации, а также редактирования видео и создания игр. Blender кроссплатформенный и работает одинаково хорошо на компьютерах с операционными системами Linux, Windows и Macintosh [8].

Блендер является бесплатным продуктом с открытым исходным кодом. В отличие от другого бесплатного ПО, имеющего доходную мощьность, владельцы которого имеют возможность тем или иным образом зарабатывать на нём, вводя определённые ограничения на некоторые функции или на распоряжение итоговым продуктом, Blender разработан абсолютно свободным в использовании, как для коммерческих, так и для образовательных целей. Он не требует лицензирования или оплаты.

Дополнительным преимуществом Blender является то, что он работает даже в компьютерных лабораториях со старым оборудованием. В дополнение к этому, данное ПО легко устанавливается и может храниться на USB-накопителе, что является еще одним преимуществом Blender, потому что оно делает его максимально мобильным; учащиеся могут забрать его домой или в любое другое удобное место, где есть компьютер и продолжить его использование после школы.

Рассмотрим основные возможности и инструменты моделирования 3D объектов в данной программе.

На рисунке 1 изображены общий интерфейс и начальное окно программы после загрузки. В данном окне представлена сцена, включающая в себя куб. Куб является стандартным объектом и появляется по умолчанию при каждом запуске программы. Также в сцене присутствуют лампа и камера, необходимые для финальной визуализации изображения с моделируемым объектом. Сценой в данном случае называется набор элементов, формирующих в совокупности указанную выше финальную визуализацию изображения [9].

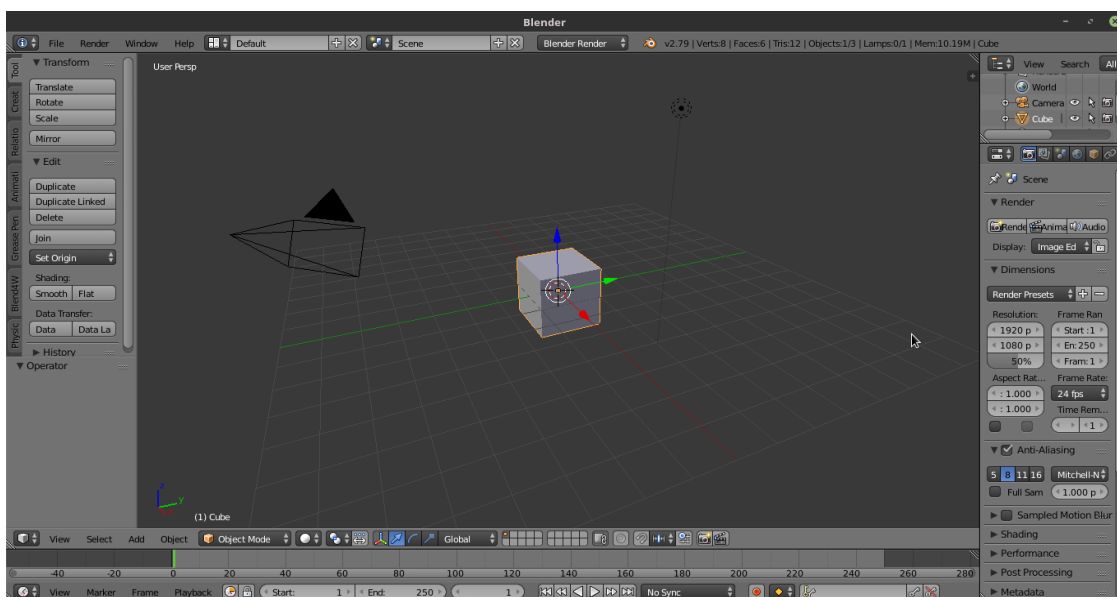


Рисунок 1 – Главное окно программы Blender

Одним из методов моделирования и изменения объектов в подобных программах является метод экструдирования. Экструдирование (выдавливание) представляет собой копирование отдельно взятых вершин, граней или рёбер объекта с последующим их перемещением, либо возможным изменением размера (рисунок 2).

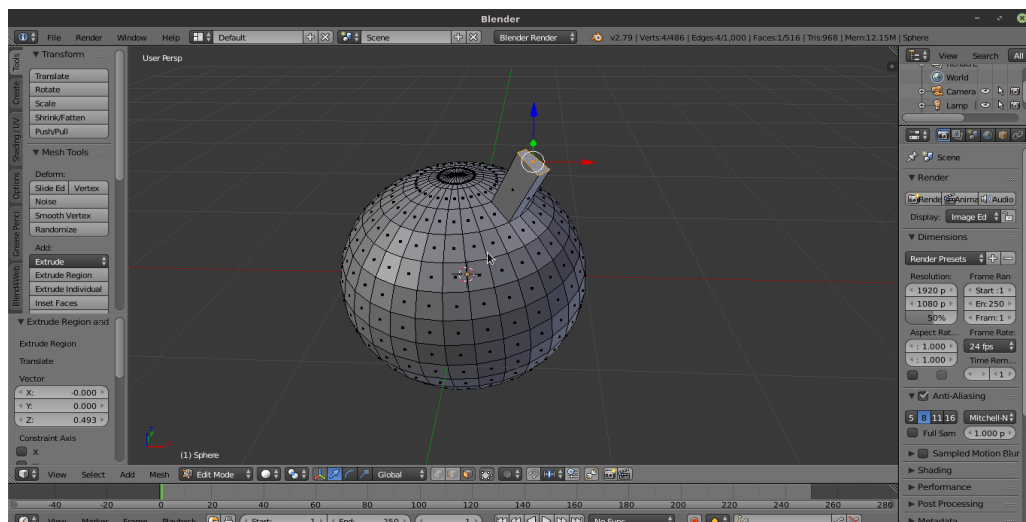


Рисунок 2 – Метод экструдирование на примере сферы

Помимо экструдирования к основным методам моделирования относятся перемещение (рисунок 3).

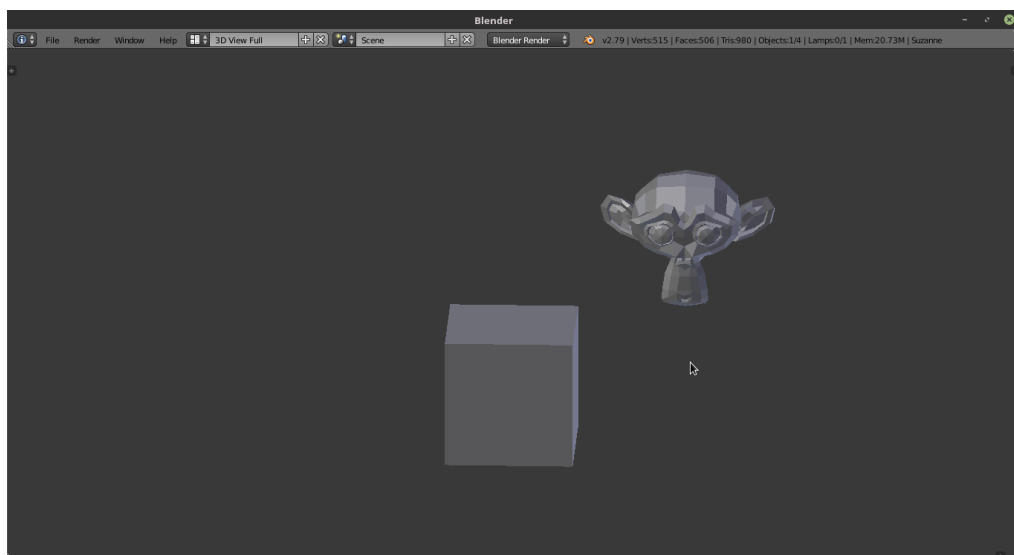


Рисунок 3 – Перемещение

Также к базовым методам моделирования относится изменение положения модели за счёт вращения (рис. 4).

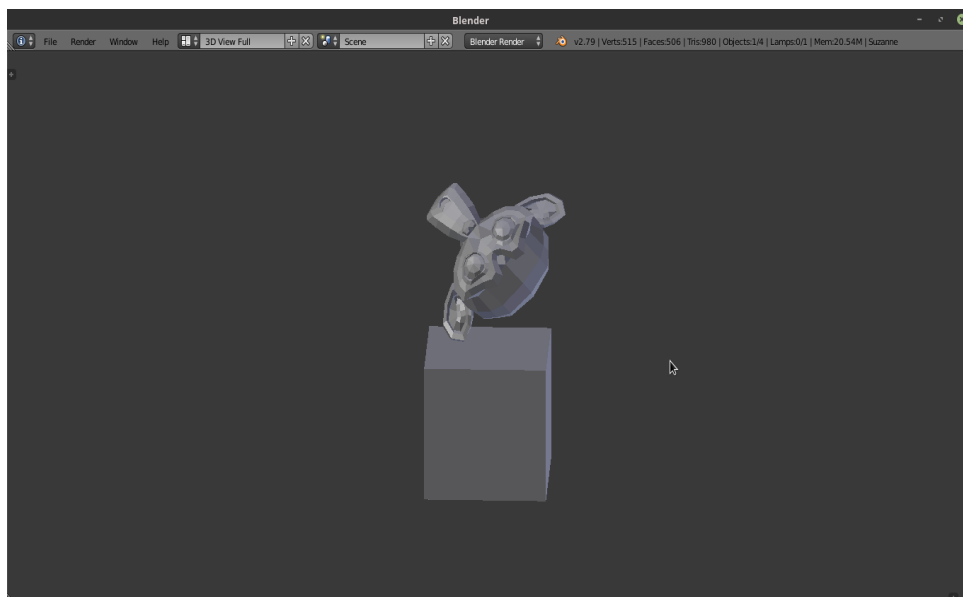


Рисунок 4 – Вращение

Помимо изменения положения модели в трёхмерном пространстве к основным методам моделирования относят изменение структуры модели объекта за счёт его масштабирования (рис. 5).

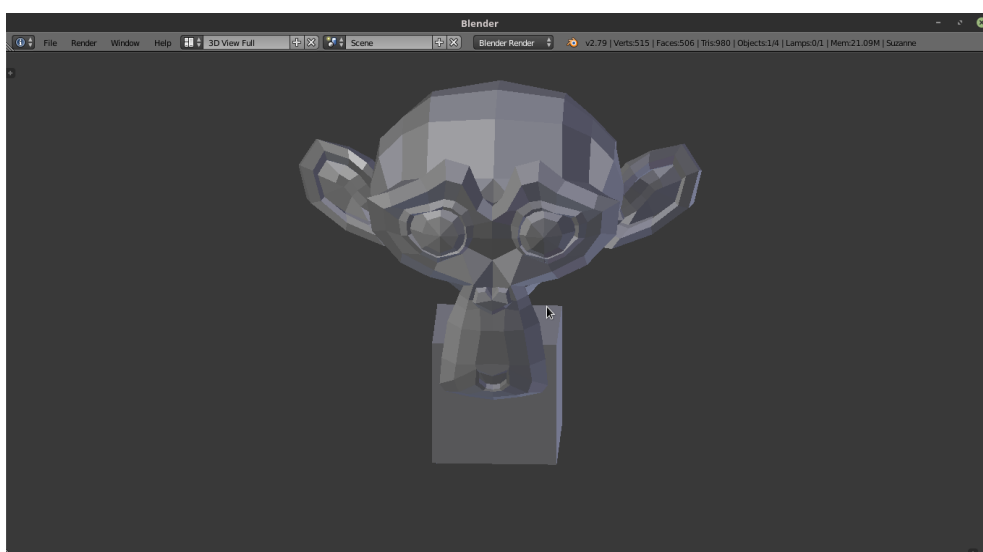


Рисунок 5 – Масштабирование

В Blender также присутствуют специальные инструменты моделирования, отличающиеся по своей работе от основных методов моделирования. Наиболее примечательным среди них является инструмент скульптинга. Скульптинг в Blender является цифровой версией реального скульптинга, позволяющий буквально «лепить» желаемый объект в цифровом трёхмерном пространстве (рисунок 6).

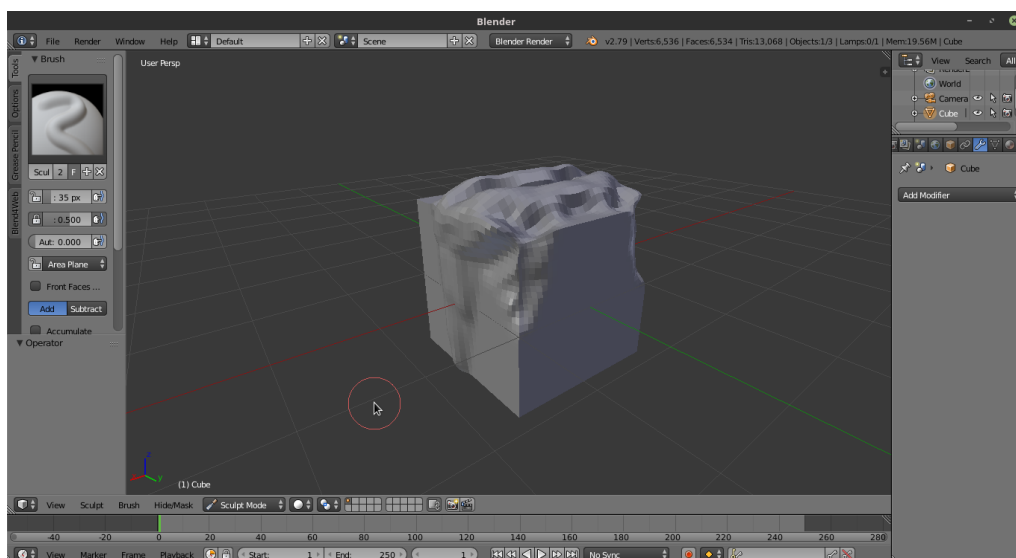


Рисунок 6 – Скульптинг

«Внедрение 3D технологий в сферу дополнительного образования способствует воспитанию у обучающихся новых подходов к конструкторской деятельности, создает дополнительную мотивацию для технического творчества, возводит 3D ручку, а впоследствии 3D принтер в ранг инструментов для самовыражения.

Современным школьникам необходима практическая составляющая занятий, им очень важно, чтобы визуальная компьютерная модель обрела материальный вид. Печать на 3D принтере выполненных проектов, поделки, созданные 3D ручкой, вдохновляют на дальнейшее изучение 3D технологий [8]».

С помощью трехмерного моделирования в среде графических пакетов задача визуального представления геометрических объектов значительно упрощается и возможно развитие пространственного воображения.

«Происходит одновременное развитие творческого, логического, технического мышлений, пробуждается интерес к естественнонаучным предметам.

Область трехмерного моделирования и анимации активно развивается и совершенствуется, а возможности современных трехмерных компьютерных программ позволяют реализовать самые фантастические замыслы. Создание новых изделий, строительство, вопросы дизайна, кино и телевидение, тренажеры для подготовки кадров, компьютерные игры наиболее яркие примеры, где без компьютерного моделирования уже не обойтись.

Систематизированный подход в обучении детей 3D моделированию – это важный шаг в сторону выбора будущей профессии ребенка. На занятиях по трёхмерному моделированию рождаются будущие конструкторы, мультипликаторы, дизайнеры, инженеры. Все эти профессии очень актуальны на сегодняшний день и будут всегда востребованы в будущем.

Трёхмерная графика получает всё большее применение в различных отраслях и сферах деятельности, знание которой становится все более необходимым для полноценного развития личности» [8].

На занятиях по 3D-моделированию очень важно, как творческое мышление для креативных художественных решений, так и умение выполнить архитектурный объект, например, замок или дом. В этом случае учителю необходимо познакомить детей с принципами черчения.

«Техническое творчество – мощный инструмент синтеза знаний, закладывающий прочные основы системного мышления. Для успешного моделирования важно предварительно продумать, каким образом наблюдаемые (или воображаемые) объекты окружающего мира можно превратить в компьютерные модели.

На занятиях по трёхмерному моделированию основная часть времени отводится формированию практических навыков у учащихся. Школьники под руководством учителя, а затем и самостоятельно выполняют задания по освоению технологий визуализации. Параллельно учениками выполняется проектная работа, связанная с тем или иным методом визуализации. Подготовленная работа, представляется в электронном виде. По итогам защиты проектных работ учитель делает вывод об уровне усвоения обучающимися материала курса, сложные и интересные объекты выводятся на печать.

Заинтересовавшись трёхмерным моделированием, учащиеся стали интересоваться новинками и изобретениями в мире 3D. Узнав о том, что китайские студенты создали с помощью 3D принтера автомобиль, сочетающий в себе такие преимущества, как хорошие технические характеристики и невысокую цену, учащиеся разработали и создали собственную рабочую модель автомобиля» [8].

Современные занятия в системе дополнительного образования открывают перед школьниками интереснейший мир естественнонаучных исследований, робототехники, 3D-прототипирования, инженерной графики.

Именно здесь можно сделать свои первые шаги в области альтернативной энергетики, конструирования и управления роботами, сборки и работы с 3D принтерами и сканерами профессионального качества, научиться азам работы с инженерной графикой и 3D-моделированием. 3D технологии в школе позволяют развивать междисциплинарные связи, требуют больше времени для самостоятельной творческой работы, открывают широкие возможности для проектного обучения.

Целью таких занятий является популяризация технического и инженерного образования у современных школьников, внедрение новых образовательных технологий в образовательный процесс. Учащиеся должны получить возможность раскрыть свои творческие и инженерные способности, научиться применять их на практике, понимать физические

основы функционирования проектируемых изделий посредством 3D моделирования, 3D сканирования, 3D печати и объёмного рисования.

В современной жизни специалисты в области 3D моделирования и конструирования очень востребованы на рынке труда, что очень повышает значимость таких занятий [8].

### **Выводы по первой главе**

Анализ литературы показал, что актуальными для педагогики остаются вопросы раскрытия сущности и содержания развития пространственного воображения детей; разработки диагностики пространственного воображения детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования; раскрытия закономерностей и принципов построения педагогического процесса по формированию и развитию пространственного воображения детей; выработки методов по повышению эффективности индивидуальной и групповой работы в направлении развития пространственного воображения посредством 3D-моделирования и управления этим процессом.

Проведенные исследования по данной проблеме позволили дать нам определение: «пространственное воображение» – вид умственной деятельности, обеспечивающей создание пространственных образов и оперирование ими в процессе решения различных практических и теоретических задач.

Также, рассмотрев теоретические аспекты потенциала 3D-моделирования в развитии пространственного воображения у детей 12-13 лет, мы пришли к выводам:

1. Пространственное воображение играет в жизни ребенка большую роль, чем в жизни взрослого, проявляется гораздо чаще и допускает значительно более легкое отступление от действительности, нарушение жизненной реальности.



2. Эффективнее всего развивать пространственное воображение у детей старшего подросткового возраста предполагается посредством 3D-моделирования.

Процесс 3D-моделирования вызывает у детей положительные эмоции, удовлетворяя их работу с декоративным материалом, результатом которого является выразительный образ, так же формируются навыки работы в коллективе и для коллектива, умение согласовывать свои действия с товарищами.

## Глава 2. Экспериментальная работа по развитию пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования в системе дополнительного образования

### 2.1 Выявление уровня развития пространственного воображения у детей 12-13 лет

Целью констатирующего этапа экспериментальной работы было определение комплекса диагностических методик и выявление уровня развития пространственного воображения у детей 12-13 лет.

Эксперимент проводился на базе ГБОУ СОШ «Центр образования» п. Варламово. В исследовании приняли участие дети подросткового возраста (12-13 лет), всего 44 обследуемых. Экспериментальную группу составили 22 подростка и контрольную – 22 (приложение А).

На основе исследований Р. Амтхауэра, Дж.К. Беннет, Д. Векслера, О.И. Мотковой, для диагностики уровня развития пространственного воображения у детей 12-13 лет, были выделены показатели и диагностические методики, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Диагностическая карта исследования

Показатели	Диагностические методики
Способность к оперированию двухмерными образами	Диагностическая методика 1. Тест структуры интеллекта (субтест VII. Геометрическое сложение) (Р. Амтхауэр)
Способность к оперированию трёхмерными образами	Диагностическая методика 2. Тест структуры интеллекта (субтест VIII. «Кубики») (Р. Амтхауэр)
Способность анализировать целое через составляющие его части	Диагностическая методика 3. Тест Векслера (субтест XI – «Кубики Косса»)
Способность мысленно изменять взаимное расположение представляемых образов	Диагностическая методика 4. Задачи на пространственное воображение (методика О.И. Моткова)
Способность разбираться в чертежах и схемах	Диагностическая методика 5. Тест технической изобретательности Беннета

Проанализируем результаты констатирующего эксперимента.

Диагностическая методика 1. «Тест структуры интеллекта (субтест VII. Геометрическое сложение)» (Р. Амтхауэр).

Цель: исследование уровня развития способности к оперированию двухмерными образами.

Процедура проведения: испытуемому предъявляют карточки, где изображены разделенные на части геометрические фигуры. При выборе ответа следует найти карточку с фигурой, которая соответствует разделенной на части.

Критерии оценки результата:

Точность определённого соответствия с изображениями фигур.

Низкий уровень – меньше 90 баллов.

Средний уровень – 90-110 баллов.

Высокий уровень – больше 110 баллов.

Результаты исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Количественные результаты исследования уровня развития способности детей 12-13 лет к оперированию двухмерными образами

Кол-во детей / %	НУ	СУ	ВУ
Экспериментальная группа (22/100%)	4/18%	12/55%	6/27%
Контрольная группа (22/100%)	5/23%	11/50%	6/27%

Низкий уровень способности к оперированию двухмерными образами показали 4 ребенка в экспериментальной группе (Илья З., Дарья К., Кристина Г., Данил С.) – 18%. Средний уровень способности к оперированию двухмерными образами показали 12 детей (Ангелина Т., Рудольф П., Александр В., Елизавета Ч., Арина Ч., Иван Г., Никита В., Елизавета Т., Александр Т., Сергей Н., Данила Н., Елизавета Р.) – 55%. Высокий уровень способности к оперированию двухмерными образами показали 6 детей (Анастасия А., Кира У., Полина М., Анастасия Ш., Диана Х., Евгения Ж.) – 27%.

Таким образом, в обследованной группе подростков преобладает средний уровень развития способности к оперированию двухмерными образами.

Диагностическая методика 2. «Тест структуры интеллекта (субтест VIII «Кубики»» (Р. Амтхауэр).

Цель: выявить уровень развития способности к оперированию трехмерными образами.

Процедура проведения: в «каждом из 20 заданий предъявляется куб в определенном, измененном по отношению к ряду кубов, обозначенных буквами, положении. Необходимо идентифицировать данный куб с одним из обозначенных буквами».

Критерии оценки результата:

Точность определённого соответствия кубов.

Низкий уровень – меньше 90 баллов.

Средний уровень – 90-110 баллов.

Высокий уровень – больше 110 баллов.

Результаты исследования представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Количественные результаты исследования уровня развития способности детей 12-13 лет к оперированию трёхмерными образами

Кол-во детей / %	НУ	СУ	ВУ
Экспериментальная группа (22/100%)	6/27%	13/59%	3/14%
Контрольная группа (22/100%)	6/27%	10/45%	6/28%

Низкий уровень способности к оперированию трёхмерными образами показали 6 детей в экспериментальной группе (Иван Г., Никита В., Илья З., Дарья К., Кристина Г.) – 27%. Средний уровень способности к оперированию трёхмерными образами показали 13 детей (Ангелина Т., Рудольф П., Александр В., Елизавета Ч., Арина Ч., Анастасия А., Елизавета Т., Александр Т., Сергей Н., Полина М., Данила Н., Елизавета Р, Евгения Ж.) – 59%.

Высокий уровень способности к оперированию трёхмерными образами показали 3 детей (Кира У., Анастасия Ш., Диана Х.) – 14%.

Таким образом, у подростков экспериментальной и контрольной групп преобладает средний уровень развития способности к оперированию трёхмерными образами и почти одна треть детей имеют низкий уровень развития данного показателя пространственного воображения.

Диагностическая методика 3. «Тест Векслера (субтест XI «Кубики Косса»» (Д. Векслер).

Цель: оценка уровня развития способности анализировать целое через составляющие его части.

Процедура проведения – включает набор карточек с красно-белыми чертежами и набор красно-белых кубиков. Испытуемый должен, глядя на образец, собрать из кубиков чертеж.

Критерии оценки результата:

Точность собранных кубиков и время решения.

Низкий уровень – меньше 9 баллов.

Средний уровень – 9-14 баллов.

Высокий уровень – больше 14 баллов

Результаты исследования представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Способность анализировать целое через составляющие его части

Кол-во детей / %	НУ	СУ	ВУ
Экспериментальная группа (22/100%)	5/23%	13/59%	4/18%
Контрольная группа (22/100%)	4/18%	13/59%	5/23%

Низкий уровень способности анализировать целое через составляющие его части показали 5 детей в экспериментальной группе (Дарья К., Александр В., Кристина Г., Иван Г., Данил С.) – 23%. Средний уровень способности анализировать целое через составляющие его части показали 13 детей (Илья З., Ангелина Т., Рудольф П., Арина Ч., Никита В., Елизавета Т., Диана Х., У.,

Полина М., Анастасия Ш., Александр Т., Сергей Н., Евгения Ж., Данила Н.) – 59%.

Высокий уровень способности анализировать целое через составляющие его части показали 4 обследуемых (Елизавета Р., Анастасия А., Елизавета Ч., Кира У.) – 18%.

Таким образом, средний уровень способности анализировать целое через составляющие его части преобладает в контрольной и в экспериментальной группе – набрали одинаковое количество учащихся – 59%.

Диагностическая методика 4. «Задачи на пространственное воображение» (О.И. Мотков).

Цель: определение уровня развития способности мысленно изменять взаимное расположение представляемых образов.

Процедура проведения: испытуемому необходимо найти ответ на предложенные ситуации.

Критерии оценки результата:

Количество правильных ответов.

Методика состоит из 6 задач. Чем больше самостоятельно решенных задач, тем выше уровень развития способности мысленно изменять взаимное расположение представляемых образов.

Низкий уровень – 2 правильно решенных задачи.

Средний уровень – 4 правильно решенных задачи.

Высокий уровень – 6 правильно решенных задач.

Результаты исследования представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Количественные результаты уровня развития способности мысленно изменять взаимное расположение представляемых образов у детей 12-13 лет

Кол-во детей / %	НУ	СУ	ВУ
Экспериментальная группа (22/100%)	5/23%	14/64%	3/14%
Контрольная группа (22/100%)	3/14%	14/64%	5/23%

Низкий уровень способности мысленно изменять взаимное расположение представляемых образов (меньше 2 баллов) показали 5 детей в экспериментальной группе (Дарья К., Александр В., Кристина Г., Иван Г., Данил С.) – 23%. Средний уровень (3-5 баллов) показали 14 детей (Илья З., Ангелина Т., Рудольф П., Арина Ч., Никита В., Елизавета Т., Диана Х., У., Полина М., Анастасия Ш., Александр Т., Сергей Н., Евгения Ж., Данила Н.) – 64%. Высокий уровень пространственного воображения (больше 5 баллов) показали 3 детей (Елизавета Р., Анастасия А., Елизавета Ч., Кира У.) – 14%.

Таким образом, у детей экспериментальной и контрольной групп преобладает средний уровень способности мысленно изменять взаимное расположение представляемых образов.

Диагностическая методика 5. «Тест технической изобретательности Беннета» (Дж.К. Беннет).

Цель: оценка уровня развития способности разбираться в чертежах и схемах.

Процедура проведения – задания представлены в виде картинок, изображающих механизмы, приборы и различные ситуации их действия. Испытуемому необходимо выбрать из трех вариантов единственно правильный ответ.

Критерии оценки результата:

Количество правильных ответов.

Низкий уровень – 27-32 баллов.

Средний уровень – 33-38 баллов.

Высокий уровень – 39-47 баллов

Результаты исследования представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Количественные результаты уровня развития способности разбираться в чертежах и схемах у детей 12-13 лет

Кол-во детей / %	НУ	СУ	ВУ
Экспериментальная группа (22/100%)	4/18%	15/68%	3/14%
Контрольная группа (22/100%)	4/18%	13/59%	5/23%

Низкий уровень способности разбираться в чертежах и схемах показали 4 ребенка в экспериментальной группе (Дарья К., Александр В., Кристина Г., Иван Г., Данил С.) – 18%. Средний уровень способности разбираться в чертежах и схемах показали 15 детей (Илья З., Ангелина Т., Рудольф П., Арина Ч., Никита В., Елизавета Т., Диана Х., У., Полина М., Анастасия Ш., Александр Т., Сергей Н., Евгения Ж., Данила Н.) – 68%. Высокий уровень способности показали 3 детей (Елизавета Р., Анастасия А., Елизавета Ч., Кира У.) – 14%.

Таким образом, в обеих обследованных группах преобладает средний уровень способности разбираться в чертежах и схемах.

Результаты исследования общего уровня развития пространственного воображения у детей 12-13 лет представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Количественные результаты исследования уровня развития пространственного воображения у детей 12-13 лет

Кол-во детей / %	НУ	СУ	ВУ
Экспериментальная группа (22/100%)	5/23%	13/59%	4/18%
Контрольная группа (22/100%)	6/27%	11/50%	5/23%

Результаты констатирующего этапа эксперимента позволили выделить три уровня развития пространственного воображения у детей 12-13 лет.

Низкий уровень развития пространственного воображения. К нему мы условно отнесли 5 детей, 23% в экспериментальной группе и 6 детей, 27% в



контрольной группе. У учащихся из данной категории возникали затруднения при оперировании как двумерными, так и трёхмерными образами; наблюдались сложности в анализе целого через составляющие его части; возникали затруднения при мысленном изменении взаимного расположения представляемых объектов; неспособность разбираться в чертежах и схемах.

Средний уровень развития пространственного воображения. К нему мы условно отнесли 13 детей, что составило 59%. В этой группе оперирование двумерными образами не вызвало особых затруднений, однако всё также возникали сложности при работе с трёхмерными образами; все дети из данной группы так или иначе справились с анализом целого через его составляющие части; задания, демонстрирующие способность оперировать зрительными образами, давались с небольшими затруднениями, но были выполнены в большей степени; возникали затруднения в понимании чертежей и схем.

Высокий уровень развития пространственного воображения. К нему мы условно отнесли 4 ребенка, что составило 18%. Дети из данного контингента с одинаковой лёгкостью осуществляли манипуляции над двумерными и трёхмерными образами; смогли без посторонней помощи осуществить анализ целого через его составляющие части; на высоком уровне оперировали зрительными образами различной сложности, без особых затруднений разбирались в чертежах и схемах.

Графические результаты констатирующего эксперимента представлены на рисунке 7.

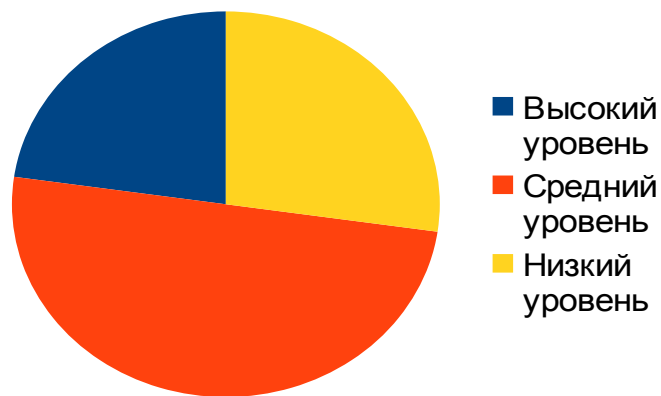


Рисунок 7 – Уровень развития пространственного воображения у детей 12-13 лет на этапе констатации

Из графических результатов наглядно видно, что больше половины диагностируемых учащихся на момент проведения констатирующего эксперимента имели средний уровень развития пространственного воображения (сводные таблицы с результатами исследования на констатирующем этапе представлены в приложении Б). Также в обследованной группе 23% детей 12-13 лет имеют низкий уровень развития пространственного воображения, что свидетельствует о необходимости проведения педагогической работы в направлении его развития.

## **2.2 Содержание и организация работы по развитию пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования**

На этапе формирующего эксперимента мы поставили цель: разработать и реализовать содержание работы по развитию пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования в системе дополнительного образования.

Логика формирующего эксперимента включала:

– определение показателей развития пространственного воображения у детей 12-13 лет – способность к оперированию двухмерными и трёхмерными образами, способность анализировать целое через составляющие его части, мысленно изменять взаимное расположение представляемых образов, способность разбираться в чертежах и схемах.

– последовательную реализацию содержания работы по развитию пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования в системе дополнительного образования – мотивационный, когнитивный-практический, творческий этапы;

– комплекс дополнительных занятий по 3D-моделированию, ориентированный на развитие показателей пространственного воображения у детей 12-13 лет.

Реализация первого этапа формирующей работы осуществлялась в процессе теоретического анализа и констатирующего исследования. Определены показатели и уровни развития пространственного воображения детей 12-13 лет.

Реализация содержания работы по развитию пространственного воображения посредством 3D-моделирования проходила в три этапа: мотивационный, когнитивно-практический, творческий. При разработке программы опирались на работы С.В. Гайсина. Общее количество занятий – 12, длительностью 45 минут, в течении 3 месяцев, 1 занятие в неделю.

Цель мотивационного этапа: заинтересовать детей 3D-технологиями, расширить их представления по данной теме.

Задачи мотивационного этапа:

1) продемонстрировать детям основные сферы применения трёхмерного моделирования от 3D-печати до мультипликации;

2) обучить детей выполнять простые модели головы соседа на компьютере в формате шаржа, используя простую программу для цифрового скульптинга Sculptris;

3) развивать способность анализировать целое через составляющие его части.

Все занятия имели следующую структуру

1. Вводная часть, включающая беседу по теме занятия, коммуникативные игры (для создания положительной атмосферы в группе).

2. Работа по теме – выполнение дидактических заданий с использованием 3D-моделирования.

3. Зрительная гимнастика как необходимый элемент каждого занятия в условиях использования компьютерных технологий. Подобраны и включены в занятия упражнения на основе тренажёра В.Ф. Базарного для зрительной гимнастики. Пример упражнения для зрительной гимнастики представлен в приложении В.

4. Подведение итогов занятия.

Занятия по темам «Сферы применения 3D-моделирования» и «Дружеский шарж».

Занятие на тему «Сферы применения 3D-моделирования» является вводным, цель данного занятия: сформировать интерес у учащихся к изучению трёхмерного моделирования. В качестве технического оснащения были использованы компьютер, проектор, экран. В начале занятия педагог провел коммуникативную игру «Печатная машинка». Каждому участнику игры назначается одна из букв алфавита. Ведущий предлагает представить всем, что они клавиши печатной машинки. Чтобы на этой удивительной машинке печатать слова, «клавиши» должны по очереди хлопать в ладоши. Чем быстрее участники справятся с заданием, тем лучше. Ведущий предлагает ребятам все более длинные и сложные слова и даже предложения.

Далее был проведён опрос с целью узнать, на сколько учащиеся осведомлены о технологии трёхмерного моделирования. Затем для учащихся проводилась беседа по ознакомлению с данной технологией. Педагог объяснил, что понимают под 3D-моделированием, изложил историю создания и развития технологии 3D-моделирования и дал краткое описание процесса

создания трёхмерных моделей. Также дети узнали, в каких сферах и в каких формах применяется данная технология, дети с интересом прослушали материал, просмотрели представленную презентацию и видеофрагменты, демонстрирующие применение трёхмерного моделирования. В конце занятия были подведены итоги, дети рассказывали, что узнали нового и как сами хотели бы применить 3D-моделирование. Учащиеся хорошо мотивировали показанные примеры применения трёхмерного моделирования в частности в сферах игр, мультипликации и 3D-печати.

Второе занятие «Дружеский шарж». Цель данного занятия: познакомить учащихся с инструментами 3D-моделирования их возможностями. Данное занятие, как и последующие, учащиеся проводили за компьютерами. В начале занятия детям была предложена коммуникативная игра под названием «Встаньте в круг». Педагог просит ребят собраться вокруг него. По сигналу они должны закрыть глаза и начать хаотично двигаться по классу, стараясь не наступать друг другу на ноги и жужжа, как пчелы, собирающие мед. Через некоторое время (40-50 секунд) педагог хлопает в ладоши один раз, играющие мгновенно замолкают и замирают на месте. Два хлопка – не открывая глаз и ни к кому не прикасаясь руками, играющие в полной тишине пробуют выстроиться в круг. Для этого очень важно суметь почувствовать окружающих людей. Когда все заняли подходящие с их точки зрения места, педагог просит открыть глаза и посмотреть, что получилось. Затем педагог перешел к непосредственной теме занятия и провёл с группой беседу, в ходе которой рассказал о технологии создания цифровых скульптур, в каких программах это делается. Учащимся на данном занятии была представлена программа для создания трёхмерных цифровых скульптур Sculptris, познакомились со способами создания цифровых скульптур. Были рассмотрены такие инструменты программы Sculptris, как «выдавливание» (режим Draw), «углубление» (режим Crease), «сглаживание» (режим Smooth). Все инструменты используются с помощью мышки и фигура создаётся словно из пластилина, но на экране монитора. На

занятии детям было дано задание, смоделировать цифровую скульптуру лица своего соседа по парте. При этом сделать эту скульптуру необходимо в шуточной форме, форме шаржа (рисунок 8).

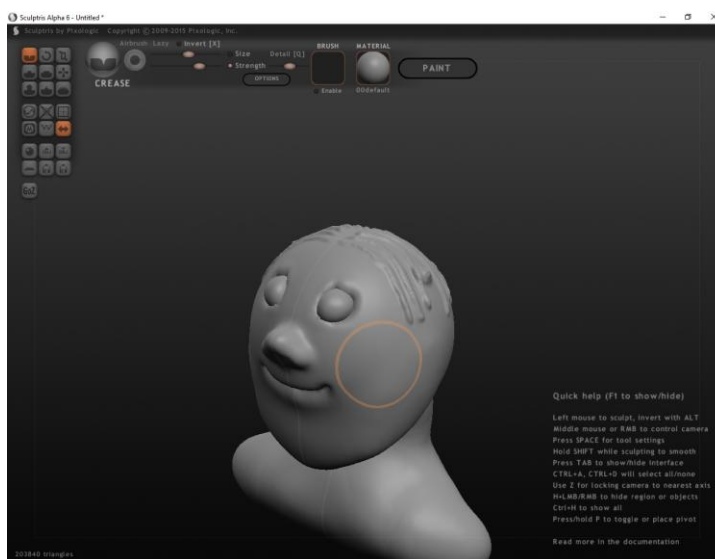


Рисунок 8 – «Дружеский шарж» в программе Sculptris

В середине занятия педагог прервал детей и провёл с ними зрительную гимнастику: педагог попросил детей посмотреть детей повернуться лицом к окну. Затем детям необходимо было найти за окном любой понравившийся им объект на дальнем расстоянии. Далее дети вытягивали правую руку перед глазами и должны были смотреть сперва на кончики пальцев вытянутой руки, затем на выбранный объект за окном. Данное упражнение повторялось 10 раз, после чего педагог попросил детей 10 раз крепко зажмурить и открыть глаза. В конце занятия дети делились впечатлениями и показывали своим соседям смоделированные ими друг на друга шаржы. Дети узнали много интересного и с данной программой познакомились впервые.

Цель когнитивно-практического этапа: сформировать у детей 12-13 лет навык оперирования двумерными и трёхмерными образами посредством создания объектов в компьютерной программе Blender.

На данном этапе реализовано занятие «Знакомство с интерфейсом программы Blender». Цель занятия: развить способность анализировать целое через составляющие его части. В начале занятия дети сыграли в игру

«Шпионские сети». Два конкурирующих игрока (резиденты служб безопасности) пытаются с завязанными глазами узнать как можно больше участников (агентов) и привести их в свою службу. Агенты свободно ходят по игровому полю. Если их касаются рукой резиденты, то они останавливаются. Резидент должен определить, кто из участников стоит перед ним, назвав имя игрока. При затруднении резидент имеет право попросить игрока произнести какое-либо одно слово и после этого назвать имя предполагаемого участника. Если имя названо правильно, то резидент уводит игрока (агента) в свою службу. Побеждает тот резидент, который за определенное время игры (7-10 минут) «завербует» больше игроков». Затем была проведена беседа, в которой педагог дал краткое описание программы для 3D-моделирования Blender, рассказал про её особенности и преимущества. Учащиеся знакомились с рабочей областью программы Blender, изучали основные окна интерфейса программы. На данном и последующих занятиях детям предоставлялась последовательность действий по выполнению задания на текущем занятии (Приложение Д). Далее учащимся было дано задание на изменение ракурса просмотра куба, который добавляется на рабочую область по умолчанию. В процессе выполнения данного задания учащиеся познакомились с основными комбинациями клавиш для быстрого доступа к отдельным инструментам программы. В середине занятия дети прервались на выполнение упражнений зрительной гимнастики. Дети выполняли пальминг. Начинается упражнение с подготовки. Учащиеся трут ладони друг об друга. Когда уже ощущается тепло, достаточно сильное нагревание, можно складывать ладони. Они должны наслаиваться пальцами, при этом складывать нужно плотно. Если бы ребенок набирал воду, она не должна была бы просочиться между пальцами. Затем ладонями накрывают глаза. Пальцы при этом не пропускают свет. В таком положении следует провести примерно минуту. Потом глаза приоткрывают постепенно, чтобы они смогли адаптироваться к освещению.

В конце занятия были подведены итоги, дети показывали, как справились с заданиями, называли комбинации клавиш, которые запомнили и что они вызывали.

На данном этапе работы также проводилось занятие «Добавление и расположение 3D-примитивов в пространстве». Цель занятия: развить умение мысленно изменять взаимное расположение представляемых образов. В начале занятия дети поиграли в «пальцы». Учащимся необходимо за минуту набрать как можно больше касаний своим большим пальцем о ноготь большого пальца напарника. Дети разбиваются на пары. Зацепить всеми пальцами, кроме большого, правой руки за пальцы правой руки соседа. Большие пальцы напарников друг над другом. Выигрывают те, кто взаимодействует в паре. После этого педагог провёл беседу, в которой в форме диалога выделил основные трёхмерные геометрические фигуры. В ходе занятия закреплялись навыки из предыдущего занятия путём выполнения задания по добавлению простых геометрических фигур (куб, сфера, цилиндр и т.д.) с помощью комбинаций полезных клавиш. Затем педагог провёл с детьми зрительную гимнастику. Учащимся необходимо было:

1. Быстро поморгать, закрыть глаза и посидеть спокойно, медленно считая до пяти. Повторить 4-5 раз.

2. В среднем темпе проделать 3-4 круговых движений глазами в правую сторону, столько же в левую сторону. Расслабив глазные мышцы, посмотреть вдаль на счет 1-6. Повторить 1-2 раза.

3. Закрыть глаза, сильно напрягая глазные мышцы, на счет 1-4, затем раскрыть глаза, расслабив мышцы глаз, посмотреть вдаль на счет 1-6. Повторить 4-5 раз.

Следующим шагом данного занятия, после выполнения зрительной гимнастики, было взаимное расположение добавленных объектов на рабочей области программы. В конце занятия подводились итоги, дети рассказывали, что узнали нового, показывали результаты выполненных заданий.



На занятии «Создание 3D-модели чашки» развивали способность к оперированию трёхмерными образами. В начале занятия педагог провёл с учащимися игру «Я собираю рюкзак». Учащиеся садятся в круг. Им зачитывается список предметов, которые они могут взять в поход (2 раза, медленно). В списке может быть от 15 до 20 предметов, а также от 2 до 5 предметов, без которых можно обойтись в походе. Затем каждый называет, например, по 10 предметов, которые необходимы. После того, как все назвали, – все вместе объясняют, почему именно эти предметы. После этого была проведена беседа, в ходе которой дети разобрали строение чашки, из каких основных геометрических объектов она состоит, и в результате получили задание смоделировать любую чашку. Из фигуры цилиндра создаётся первоначальная модель чашки. Первым шагом данного задания является добавление цилиндра в трёхмерное пространство программы. Затем учащиеся удаляют верхний полигон (верхнюю окружность) цилиндра, тем самым знакомясь с инструментом вырезания отдельных полигонов из целой фигуры. После этого применяется инструмент «экструдирование» (наращивание). С помощью него в цилиндре наращиваются внутренние стенки, тем самым придаётся объём будущей чашке. Следующим этапом данного занятия является применение инструмента «нарезка», после которого из нарезанной области на цилиндре выделяется, а затем экструдированная ручка моделируемой чашки. Как и на предыдущих занятиях в середине дети прерываются на выполнение зрительной гимнастики:

1. Посмотреть на переносицу и задержать взор на счет 1-4. До усталости глаза не доводить. Открыть глаза, посмотреть вдаль на счет 1-6. Повторить 4-5 раз.

2. Не поворачивая головы, посмотреть направо, зафиксировать взгляд на счет 1-4, затем посмотреть вдаль прямо на счет 1-6. Аналогичным образом проводятся упражнения, но с фиксацией взгляда влево, вверх, вниз. Повторить 3-4 раза.

В конце занятия учащиеся показывают получившиеся у них чашки, комментируют свои работы, обсуждают, что можно было бы улучшить.

Занятие «Применение модификаторов к созданной модели». Цель занятия: развить способность к оперированию трёхмерными образами. В начале занятия учащиеся играют в коммуникативную игру «Драконы». Учащиеся разбиваются на две группы и встают в виде змеек друг за другом. Это два дракона. Они встают лицом друг к другу. Задача играющих: голова каждого из драконов должна поймать хвост соседа (шарф, привязанный к последнему в змейке человеку). Затем учащиеся знакомятся с понятием модификаторов, их применением. Рассматриваются основные модификаторы и учащиеся наблюдают принцип их работы путём применения их на имеющуюся модель чашки. Добавление модификаторов осуществляется активацией вкладки Modifiers. Активировав данную вкладку, учащимся предлагается нажать на строку Add Modifier. После нажатия данной строки выпадает подменю со всеми присутствующими в программе модификаторами. Основной акцент уделяется на модификатор Subdivision Surface, позволяющий сглаживать грани полигонов модели, путём автоматического увеличения количества полигонов на модели. Таким образом, учащиеся добиваются лучшей детализации, смоделированной ими чашки (рисунок 9).

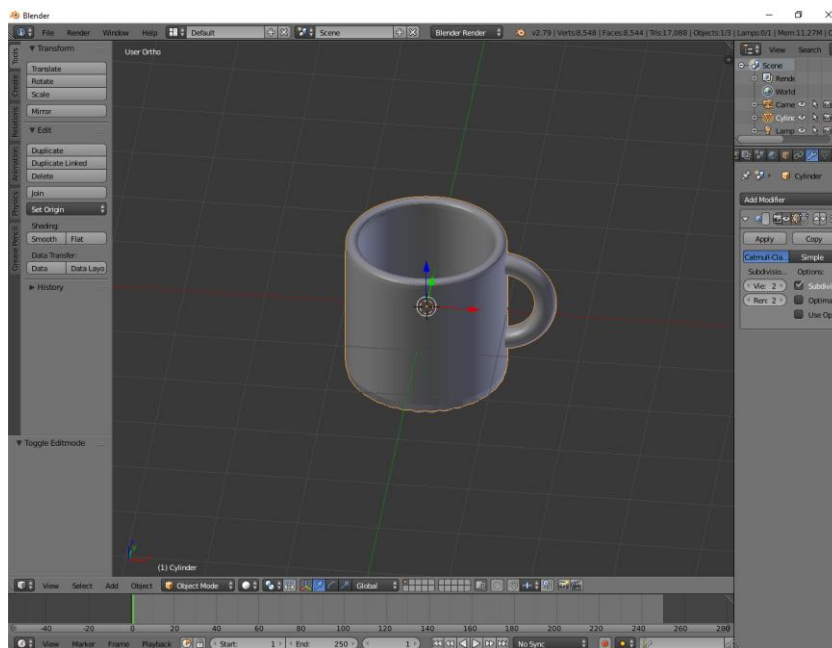


Рисунок 9 – Применение модификатора Subdivision Surface

В середине занятия дети выполняют комплекс зрительных упражнений «На море» (данные упражнения кроме тренировки саморегуляции состояния, активизирует и пространственное воображение детей):

- первое упражнение «Горизонт», где детям предлагается нарисовать кончиком пальца правой руки (как карандашом) линию горизонта на море, слева – направо, глаза сопровождают движение, голова прямо; затем – справа-налево;

- второе упражнение «Лодочка» – дети рисуют «лодочку» (дуга книзу слева – направо), глаза повторяют движение, голова прямо; затем – дуга справа-налево;

- третье упражнение «Радуга» – дети рисуют радугу (дуга кверху слева – направо), глаза сопровождают движение, голова прямо, затем повторяется рисунок в другую сторону;

- четвертое упражнение «Солнышко» – рисуют солнышко – круг вправо, лучи; глаза повторяют движение, голова прямо. Затем в другую сторону;

- «Яркое солнышко» – зажмуриться (будто «солнце ослепило»), закрыть глаза ладонями, затем поморгать глазами.

В итоге занятия дети сравнивают чашку, получившуюся на этом занятии с чашкой из прошлого занятия, отмечают основные изменения, предлагают дополнительные улучшения к своим моделям.

Занятие «Изменение цвета трёхмерной модели и её отдельных элементов». Цель занятия: развитие способности анализировать целое через составляющие его части. В начале занятия дети участвуют в коммуникативной игре под названием «Живое слово». Каждый участник изображает какую-либо букву. В результате группа составляет свое слово. Чем больше будет букв в слове, тем в большем выигрыше будет команда. Затем педагог проводит беседу, в ходе которой дети знакомятся с таким понятием как «материал в среде трёхмерного моделирования». По окончании беседы, учащиеся получают задания. Путём применения различных материалов учащиеся наблюдают зависимость свойств материала и поведения отраженного от модели света в трёхмерной сцене программы.

Затем дети прерываются на выполнение комплекса упражнений для глаз: детям предлагается закрыть глаза и отдохнуть 10-15 секунд. Потом открыть глаза и повторить упражнение 2-3 раза. Следующее упражнение заключается в движении глазами яблоками (повторяется 3-4 раза, потом глаза закрывают и отдыхают 10-15 секунд). Детям был также предложен самомассаж: педагог предложил потереть ладони, закрыть глаза, положить ладони на глаза, пальцы вместе и держать 15-20 секунд.

После этого даётся задание на подбор и применение материала, максимально приближенного к материалу чашки. Цвет материала, и самой чашки, выбирается на усмотрение учащегося. В конце занятия дети делятся впечатлениями о применённых инструментах, опять сравнивают с предыдущими версиями чашек и предлагают очередные усовершенствования.

Занятие «Рендеринг: понятие и принцип работы». Цель занятия: развить способность к оперированию двухмерными образами. В начале занятия, учащиеся принимают участие в игре «Драконы (2)». Дети становятся

друг за другом все вместе. Это один дракон. Задача играющих: голова дракона должна поймать свой хвост. После игры с детьми проводится беседа, в которой даётся определение понятия «Рендер». Даётся краткое описание физических свойств света. Учащиеся получают задание, в котором они пробуют формировать финальное изображение. На данном изображении отображаются все визуальные свойства объекта с учётом материала, применённого к нему: цвет, отражённый свет, прорисовка программой всех изгибов на модели и т. д. В середине занятия дети отвлекаются на зрительную гимнастику. Учащимся необходимо: закрыть глаза и делать легкие круговые движения подушечками двух пальцев, поглаживая надбровные дуги 20-30 секунд. В конце занятия подводятся итоги, дети в очередной раз сравнивают текущий вариант чашки с предыдущими, анализируют различия, и предлагают дальнейшие визуальные дополнения.

Занятие «Текстурирование 3D-модели». Цель занятия: развивать способность к оперированию двухмерными образами. В начале занятия дети играют в ассоциации. Учащиеся выбирают водящего. Он уходит, а в это время все остальные участники выбирают человека (из присутствующих). Затем водящий возвращается и начинает задавать вопросы участникам (одному участнику один вопрос): «С каким животным ассоциируется у тебя этот человек? С каким растением?» У водящего есть три попытки отгадать, кто это. При этом после неудачной попытки можно продолжать задавать вопросы. Затем, в ходе беседы, вводится понятия «текстура, развёртка», определяется разница между материалом и текстурой. Получив задание, учащиеся накладывают с помощью инструмента текстурирования на модель изображение. Между выполнением задания педагог предложил прерваться на выполнение зрительной гимнастики:

1. Закрыть глаза. Отдых 10-15 секунд. Открыть глаза. Повторить 2-3 раза.

2. Закрыть глаза. Выполнять круговые движения глазами с закрытыми глазами вправо и влево. Повторить 2-3 раза в каждую сторону.

### 3. Поморгать глазами. Повторить 5-6 раз.

После зрительной гимнастики продолжили, сформировав развёртку модели чашки, и на неё накладывали фотореалистичную текстуру стекла, присущую чашке. В конце занятия каждый показывал свою работу всем участникам группы. Последние давали краткий комментарий относительно работы каждого.

Занятие «Рендеринг готовой трёхмерной модели чашки». Цель занятия: развивать способность к оперированию двухмерными образами. В начале занятия дети участвовали в такой игре, как «Согласованность мыслей». Учащиеся разбиваются на пары. Игра проходит в 5-7 раундов. Победитель в каждом раунде получает одно очко. По сигналу преподавателя играющие хором начинают произносить по слогам «СА-МО-...». Последним слогом может быть «ЛЕТ», «КАТ», «ВАР», «СВАЛ», «СУД». Задача первого игрока, – понять, почувствовать своего партнера и сказать последний слог, одинаковый с ним. Задача второго игрока – произнести отличающийся слог. Педагог обратил внимание игроков на то, что произносить последний слог они должны строго одновременно, ориентируясь на анализ тактики игры партнера, а не на звук, вырвавшийся из его уст. Затем педагог знакомил детей с такими объектами трёхмерной сцены программы, как Камера и Свет.

Выполняя задание на ПК, дети настраивали нужный режим света, затем расставляли в определённые позиции Свет и камеру. В конце данного занятия осуществляли рендер сцены с расставленными объектами и наложенной текстурой на модель чашки. Между работой педагог прервал учащихся на выполнение упражнений зрительной гимнастики: детям предлагалось закрывать и открывать глаза, крепко сжимая веки (повторить 5-6 раз), закрыть глаза, расслабить веки (10-15 секунд), быстро поморгать глазами, закрыть глаза и представить море, лес, отдых 10-15 секунд.

В конце занятия дети сравнивали получившуюся 3D-модель чашки со своей первой версией и анализировали основные различия. Предлагали изменения для достижения эффекта реалистичности в модели.

Занятие «Создание трехмерных моделей персонажей из известных мультфильмов» Цель занятия: развивать способность к оперированию двухмерными образами.

В начале занятия учащиеся играют в игру «Сиамские близнецы». Учащиеся «делятся на пары. Они обнимают друг друга так, чтобы свободными оказались правая рука одного и левая рука другого. Таким образом, они как бы «срослись» наподобие сиамских близнецов. В таком положении им даются простейшие задания, которые они должны выполнить. Например, вырезать ножницами кружок из бумаги, завязать шнурок на ботинке, нарисовать солнце» на листе бумаги, вставить стержень в шариковую ручку и т. д.

Затем учащиеся начинают выполнение задания: смоделировать любого на свой выбор мультипликационного персонажа. Учащиеся создают из простых примитивов модель своего любимого персонажа из мультфильма. Персонаж выбирается на усмотрение учащегося. Затем на модель персонажа накладываются необходимые модификаторы, в том числе Subdivision Surface.

Учащиеся прерываются на выполнение упражнений из тренажёра В.Ф. Базарного (Приложение В).

После выполнения зрительной гимнастики следующим этапом является подбор материала, либо текстуры для внешнего вида модели персонажа. Подобранный материал или текстура применяются на модель. После настройки внешнего вида модели настраиваются и расставляются Камера и Свет, после чего осуществляется финальный рендер с изображением модели персонажа. В конце занятия учащиеся представляют смоделированных ими персонажей, рассказывают, какие инструменты программы были применены. Какие геометрические фигуры были взяты и как они деформировались.

Цель творческого этапа: интенсификация развития навыков, связанных с пространственным воображением, в ходе самостоятельного выполнения творческого задания.

Творческое задание «Создание 3D-модели дома своей мечты». Осваивается работа с референсами, тренировка способности разбираться в чертежах и схемах.

Занятие начинается с коммуникативной игры. На данном занятии дети играли в игру «Узнай по голосам». Сначала выбирается водящий. Он становится спиной к группе. В это время педагог по желанию детей указывает на одного игрока, который должен один раз повторить фразу «Я говорю». Водящий должен повернуться к группе лицом и узнать говорящего. За правильный ответ водящий получает 1 балл. Затем из группы выбираются уже два человека, которые говорят: «Мы говорим четыре слова». Если водящий ответил верно, он получает еще 2 балла. Когда из Отряда выбираются три человека, то водящий может заработать еще 3 балла. Общий самый высокий результат – 6 баллов.

В ходе выполнения творческого задания, учащиеся ищут необходимые референсы (образцы, примеры других изображений) и чертежи домов, которые впоследствии будут взяты за основу при моделировании. Создаётся черновая модель дома, затем путём дополнительного моделирования отдельных частей модели, либо применения соответствующих модификаторов, учащиеся добиваются необходимой геометрической формы моделируемого дома. После этого к отдельным элементам дома применяются соответствующие материалы, либо текстуры. Финальным этапом задания является расстановка камеры и света и финальный рендер изображения трёхмерной модели дома (рисунок 10).



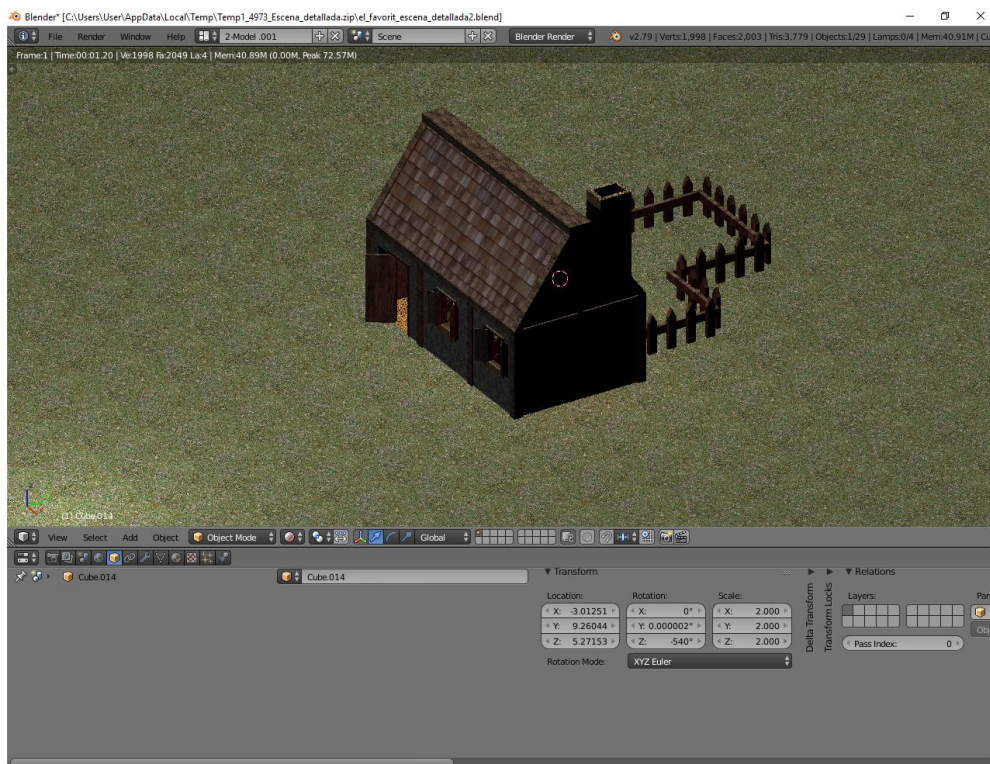


Рисунок 10 – 3D-модель дома своей мечты

В середине занятия учащиеся прерывались на выполнение комплекса упражнений:

1. Основная стойка, руки спереди в замок. Поднять руки вверх, прогнуться – вдох, опустить руки – выдох. Смотреть на руки. Повторить 4-6 раз.

2. Стоя, руки вперед. Круговые движения руками в одном и в другом направлении – 10-15 секунд. Сопровождать взглядом движения рук. Выполнять круговые движения 5 секунд в левую сторону, затем 5 секунд в правую.

3. Одну руку поднимать, другую – опускать, затем наоборот – 20-15 секунд. Сопровождать движение рук взглядом.

4. Основная стойка. Поднять руки вверх, затем опустить. Смотреть сначала на левую кисть, затем на правую. Менять направление взгляда после каждого движения. Выполнять движения глазами в одном и другом направлении 10-15 секунд.

В конце занятия учащиеся презентовали модели своих домов и в ходе обсуждения предлагали, как можно ещё улучшить модели домов друг друга.

К концу формирующего этапа экспериментальной работы, проекты учащихся отличались оригинальностью, техничностью, эстетичностью. Комплекс занятий способствовал повышению уровня пространственного воображения у детей 12-13 лет. Использование программы для трёхмерного моделирования Blender при изготовлении проектов и работ расширяло возможности учащихся для самовыражения, а использование комплекса коммуникативных игр способствовало формированию умения подростков работать в коллективе.

### **2.3 Выявление динамики уровня развития пространственного воображения у детей 12-13 лет**

После завершения формирующего эксперимента был организован и проведен контрольный срез. Цель контрольного среза: выявление динамики уровня развития пространственного воображения у детей 12-13 лет.

На данном этапе нами были использованы те же показатели, которые были обозначены на этапе констатирующего эксперимента:

- способность к оперированию двухмерными образами;
- способность к оперированию трёхмерными образами;
- способность анализировать целое через составляющие его части;
- способность мысленно изменять взаимное расположение представляемых образов;
- способность разбираться в чертежах и схемах.

При реализации контрольного среза, с целью обоснования результатов исследования по отобранным показателям, были использованы те же диагностические методики, что и в процессе проведения констатирующей части эксперимента:

Рассмотрим результаты контрольного среза и наличие динамики в уровне развития пространственного воображения у детей 12-13 лет.

Диагностическая методика 1. Тест структуры интеллекта (субтест VII «Геометрическое сложение») (Р. Амтхауэр).

Цель: исследование уровня развития способности к оперированию двухмерными образами у детей 12-13 лет.

Количественные результаты представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Динамика уровня развития способности к оперированию двухмерными образами у детей 12-13 лет

Группа исследования/ кол-во детей (%)	НУ	СУ	ВУ
Экспериментальная группа / 22 (100%)	4 (17%)	7 (33%)	11 (50%)
Контрольная группа / 22 (100%)	5 (23%)	11 (50%)	6 (27%)

Согласно результатам проведенной методики, высокий уровень развития способности к оперированию двухмерными образами выявлен у 11 детей из экспериментальной группы (50%) и у 6 детей из контрольной группы (27%).

У 7 детей из экспериментальной группы (33%) и у 11 детей из контрольной группы (50%) наблюдается средний уровень развития вышеуказанной способности.

Низкий уровень развития способности к оперированию двухмерными образами наблюдается у 4 детей, 17% экспериментальной группы, 5 детей – 23% контрольной группы.

Таким образом, по результатам проведения данного диагностического теста, можно прийти к выводу о том, что у детей экспериментальной группы уровень развития способности к оперированию двухмерными образами вырос в отличие от детей контрольной группы, с которыми формирующая работа не проводилась.

Диагностическая методика 2. «Тест структуры интеллекта (субтест VIII «Кубики»» (Р. Амтхауэр)».

Цель: выявить уровень развития способности к оперированию трехмерными образами у детей 12-13 лет.

Количественные результаты представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Динамика уровня развития способности к оперированию трёхмерными образами у детей 12-13 лет

Группа исследования/ кол-во детей (%)	НУ	СУ	ВУ
Экспериментальная группа / 22 (100%)	4 (17%)	7 (33%)	11 (50%)
Контрольная группа / 22 (100%)	5 (23%)	11 (50%)	6 (27%)

Согласно результатам данной методики, было выявлено, что 11 детей (50%) из экспериментальной и 6 детей (27%) из контрольной группы, которые имеют высокий уровень развития диагностируемых способностей.

У детей из обеих групп (7 детей из экспериментальной (33%) и 11 из контрольной (50%)) наблюдается средний уровень развития способности к оперированию трёхмерными образами.

По результатам данного диагностического задания видно, что количество детей экспериментальной группы с повышением развития вышеупомянутой способности существенно превышает количество детей контрольной группы.

Диагностическая методика 3. «Тест Векслера (субтест XI - «Кубики Косса»».

Цель: оценка уровня развития способности анализировать целое через составляющие его части у детей 12-13 лет.

Количественные результаты представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Динамика уровня развития способности анализировать целое через составляющие его части у детей 12-13 лет

Группа исследования/ кол-во детей (%)	НУ	СУ	ВУ
Экспериментальная группа / 22 (100%)	6 (25%)	7 (33%)	9 (42%)
Контрольная группа / 22 (100%)	5 (23%)	13 (59%)	4 (18%)

К высокому уровню мы отнесли 9 детей (42%) из экспериментальной группы и 4 ребёнка (18%) из контрольной группы.

Средний уровень развития способности анализировать целое через составляющие его части в экспериментальной группе выявлен у 7 детей (33%), в контрольной группе – 13 (59%).

Низкий уровень развития способности анализировать целое через составляющие его части в экспериментальной группе выявлен у 3 детей, 25%, а в контрольной – 5 детей, 23%.

Делая вывод из полученных нами данных, можем констатировать, что между результатами констатирующего и контрольного эксперимента по данной методике в контрольной группе изменения недостаточно заметны. В экспериментальной группе вырос процент детей с высоким уровнем развития диагностируемого показателя пространственного воображения.

Диагностическая методика 4. «Задачи на пространственное воображение» (О.И. Мотков).

Цель: выявление уровня развития способности мысленно изменять взаимное расположение представляемых образов.

Количественные результаты представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Динамика уровня развития способности мысленно изменять взаимное расположение представляемых образов у детей 12-13 лет

Группа исследования/ кол-во детей (%)	НУ	СУ	ВУ
Экспериментальная группа / 22 (100%)	6 (25%)	9 (42%)	7 (33%)
Контрольная группа / 22 (100%)	5 (23%)	14 (64%)	3 (14%)

Высокий уровень составили 7 детей – 33% из экспериментальной и 6 детей – 25% из контрольной группы.

Средний уровень развития диагностируемых способностей был выявлен у 9 детей (42%) из экспериментальной и у 11 детей (50%) из контрольной группы.

Низкий уровень наблюдается у 6 детей (25%) из экспериментальной и у 5 детей (23%) из контрольной группы.

Можно отметить, что в экспериментальной группе динамика способности мысленно изменять взаимное расположение представляемых образов положительная. В экспериментальной группе у детей, показавших средний и низкий результат на констатирующем этапе исследования, повысились балльные значения по данному показателю. В контрольной группе результаты существенно не изменились.

Диагностическая методика 5. «Тест технической изобретательности Беннета» (Дж. К. Беннет).

Цель: выявление уровня развития способности разбираться в чертежах и схемах у детей 12-13 лет.

Количественные результаты представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Динамика уровня развития способности разбираться в чертежах и схемах у детей 12-13 лет

Группа исследования/ кол-во детей (%)	НУ	СУ	ВУ
Экспериментальная группа / 22 (100%)	4 (17%)	7 (33%)	11 (50%)
Контрольная группа / 22 (100%)	5 (23%)	12 (64%)	5 (23%)

Дети с высоким уровнем развития способности разбираться в чертежах и схемах: 11 детей – 50% в экспериментальной группе и 5 детей – 23% в контрольной группе.

К среднему уровню развития способности разбираться в чертежах и схемах мы отнесли 7 детей (33%) из экспериментальной и 12 детей (64%) из контрольной группы.

Низкий уровень развития диагностируемых способностей наблюдается у 4 детей (17%) из экспериментальной группы и у 5 детей (23%) из контрольной.

По результатам проведения данной диагностической методики можно сделать вывод о том, что результаты экспериментальной группы по выявлению уровня развития способности разбираться в чертежах и схемах у детей 12-13 лет имеют положительную динамику, в отличие от контрольной. В первой группе количество детей с высоким уровнем развития исследуемых умений повысилось на 36%, а во второй группе данный показатель остался неизменным.

После проведения всех диагностических методик на этапе контрольного среза были получены следующие количественные результаты (таблица 13).

Таблица 13 – Динамика уровня развития пространственного воображения у детей 12-13 лет

Группа исследования/ кол-во детей (%)	НУ	СУ	ВУ
Экспериментальная группа / 22 (100%)	4 (17%)	7 (33%)	11 (50%)
Контрольная группа / 22 (100%)	5 (23%)	12 (64%)	5 (23%)

Сравнительные результаты исследования представим наглядно на рисунке 11.

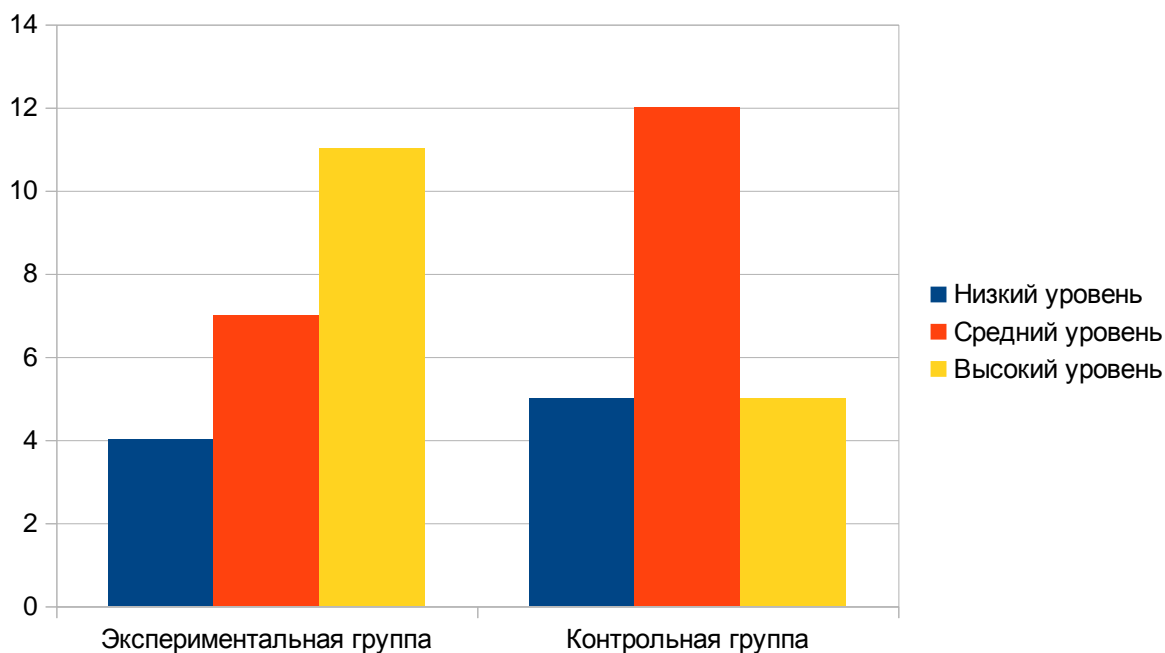


Рисунок 11 – Сравнительные результаты контрольного среза эксперимента

На этапе контрольного среза можно отметить, что у детей экспериментальной группы уровень развития пространственного воображения существенно выше, чем у детей контрольной группы. В то же время в контрольной группе наблюдается преобладание среднего уровня развития диагностируемых показателей пространственного воображения, как и на этапе констатации.

Обследуемые с высоким уровнем (11 детей – 50% экспериментальной группы и 5 детей – 23% контрольной группы) характеризуются одинаковой лёгкостью осуществления манипуляций над двумерными и трёхмерными образами; могут без посторонней помощи осуществить анализ целого через составляющие его части; способны свободно мысленно изменять взаимное расположение представляемых образов; на высоком уровне оперируют зрительными образами различной сложности и умеют читать чертежи и схемы.



В таблице 14 отражены сравнительные результаты исследования уровня развития пространственного воображения детей 12-13 лет в экспериментальной и контрольной группах.

Таблица 14 – Сравнительные результаты исследования динамики уровня развития пространственного воображения у детей 12-13 лет

Уровни	Экспериментальная группа (ЭГ)		Динамика в ЭГ	Контрольная группа (КГ)		Динамика в КГ
	Констатирующий эксперимент (КЭ)	Контрольный срез (КС)		КЭ	КС	
ВУ	18%	50%	+32%	23%	23%	0%
СУ	59%	33%	-26%	50%	64%	+14%
НУ	23%	17%	-6%	27%	23%	-4%

Из таблицы 14 видно, что в экспериментальной группе количество детей с высоким уровнем развития пространственного воображения на этапе констатирующего эксперимента составляло 18%, а на этапе контрольного среза повысилось до 50%. Следовательно, положительная динамика в экспериментальной группе составляет 32%. Число детей со средним уровнем уменьшилось с 59% до 33% (на 26%), а с низким уровнем – с 23% до 17% (на 6%). В контрольной группе количество детей со средним уровнем уменьшилось на 14% (с 50% до 64%). К тому же число детей с низким уровнем в контрольной группе уменьшилось на 4% (было 27%, стало 27%).

Таким образом, в ходе сравнения итоговых данных по контрольному срезу, можно сделать вывод, что у детей экспериментальной группы уровень развития пространственного воображения повысился, в то время как у контрольной группы он остался практически неизменным. Следовательно, содержание работы по развитию пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования в системе дополнительного образования является эффективным (сводные таблицы с результатами исследования на контрольном этапе представлены в приложении Г).

## Выводы по второй главе

В соответствии с выводами теоретической части исследования во второй главе экспериментально была проверена эффективность содержания работы по развитию пространственного воображения детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования в системе дополнительного образования. Количественный и качественный анализ эмпирических данных выявил на констатирующем этапе эксперимента недостаточный уровень развития пространственного воображения подростков. Об этом свидетельствует преобладающий низкий и средний уровень развития пространственного воображения. В ходе формирующего эксперимента была организована работа по развитию творческого воображения детей посредством «3D-моделирования», научно-технической направленности. Работа на формирующем этапе была построена следующим образом:

- определены показатели развития пространственного воображения у детей 12-13 лет – способность к оперированию двухмерными и трёхмерными образами, способность анализировать целое через составляющие его части, мысленно изменять взаимное расположение представляемых образов, способность разбираться в чертежах и схемах.

- последовательно реализовано содержание работы по развитию пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования в системе дополнительного образования, включающее мотивационный, когнитивно-практический, творческий этапы;

- разработан комплекс дополнительных занятий по 3D-моделированию, ориентированный на развитие показателей пространственного воображения у детей 12-13 лет.

Подобная работа позволила повысить уровень пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования. Использование техник 3D-моделирования при подготовке проектов, работ значительно расширило возможности учащихся для самовыражения.

Сравнительные результаты по итогам контрольного и констатирующего этапов эксперимента показали повышение количества детей 12-13 лет с высоким уровнем развития пространственного воображения в экспериментальной группе на 32%.

## Заключение

В заключении сформулированы следующие выводы:

1. В результате теоретического исследования было выявлено, что проблема развития пространственного воображения является актуальной. Нами были изучены различные подходы к определению понятия «пространственное воображение». В нашем исследовании пространственное воображение рассматривалось как вид умственной деятельности, определяющийся способностью мысленно оперировать двумерными и трёхмерными представляемыми образами, «представлять» различные конструкции внутренним зрением в цвете и деталях, определяя соотношения между отдельными их элементами, изменяя их взаимное расположение.

2. Результаты констатирующего этапа эксперимента показали недостаточный уровень развития пространственного воображения у детей 12-13 лет. В обследованной выборке преобладал средний уровень развития пространственного воображения.

3. Развитие пространственного воображения у детей 12-13 лет в системе дополнительного образования включало поэтапную реализацию содержания работы – мотивационный (вызов интереса у детей к 3D-технологии, расширение их представления по данной теме); когнитивно-практический (сформировать у детей 12-13 лет навык оперирования двумерными и трёхмерными образами посредством создания объектов в компьютерной программе Blender.); творческий (интенсификация развития навыков, связанных с пространственным воображением, в ходе самостоятельного выполнения творческого задания).

4. В результате проведенной работы по формированию пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования у детей экспериментальной группы произошли качественные изменения. Полученные данные показывают, что количество детей с высоким уровнем развития пространственного воображения повысилось на 32% и

составило 50%. Изучив подробнее суммарные результаты каждого ребенка, мы видим, что многие дети перешли со среднего уровня развития пространственного воображения на высокий уровень. Количество детей со средним уровнем развития пространственного воображения уменьшилось на 19%. Количество детей с низким уровнем развития пространственного воображения уменьшилось на 13%.

Таким образом, можно сделать вывод, что полученные результаты экспериментального исследования свидетельствуют об эффективности проведенной работы по развитию пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования. Следовательно, гипотеза исследования подтвердилась. Цель работы достигнута. Задачи исследования решены.

## Список используемой литературы

1. Андрейкина, Е.К. Технология 3d-моделирования и проблема развития пространственных представлений обучающихся [Текст] / Е.К. Андрейкина, Н.Н. Гончарова // Вестник Московского Городского Педагогического Университета. – 2017. – №41. – С. 78-81.
2. Арнхейм, Р. Искусство и визуальное восприятие [Текст] / Р. Арнхейм – М.: «Прогресс», 1974. – с. 386.
3. Безверхова, Л.П. Использование программы Blender 3d в образовательном процессе [Текст] / Л.П. Безверхова, А.В. Малков. // Технологическое образование и устойчивое развитие региона. – 2014. – №11. – С. 111-115.
4. Величковский, Б.М. Психология восприятия [Текст] / Б.М. Величковский, В.П. Зинченко, А.Р. Лурия. – М., 1973. – 215 с.
5. Вознесенская, Н.В. Обучение основам 3d моделирования в среде Blender [Текст] / Н.В. Вознесенская, А.Ф. Базаркин, М.С. Дедина. // учебный эксперимент в образовании. – 2017. – №3 (83). – С. 64-69.
6. Выготский, Л.С. Педагогическая психология [Текст] / Л.С. Выготский. – М.: Педагогика-пресс, 1996. – 98с.
7. Горбунова, Л.И. Использование информационных технологий в процессе обучения [Текст] / Л.И. Горбунова, Е.А. Субботина // Молодой ученый. – 2013. – №4. – С. 544-547.
8. Гриц, М.А. Возможности 3D-технологий в образовании [Текст] / М.А. Гриц, А.В. Дегтярева, Д.А. Чеботарева // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2015 – №11. – С. 925-927.
9. Залогова, Л.А. Практикум по компьютерной графике [Текст] / Л.А. Залогова. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. – 178 с.
10. Зинченко, В.П. Исследование визуального мышления [Текст] / В.П. Зинченко // «Вопросы психологии» – 1973. – №2. – С. 56-73.

11. Знаменская, Е.В. Формирование пространственных представлений у младших школьников при изучении геометрического материала [Текст]: дис. ... канд. пед. Наук: 13.00.02. / Е.В. Знаменская – М., 1995. – 201 с.
12. Каплунович, И.Я. Развитие структуры пространственного мышления [Текст] / И.Я. Каплунович // Вопросы психологии – 1986. – № 2. – С. 56-66.
13. Каплунович, И.Я. Содержание мыслительных операций в структуре пространственного мышления [Текст] / И.Я. Каплунович // Вопросы психологии – 1987. – № 6. – С. 115-122.
14. Каплунович, И.Я. Развитие пространственного мышления школьников в процессе обучения математике [Текст] / И.Я. Каплунович. – Новгород, 1996. – 243 с.
15. Мальцева, Е.И. Особенности создания 3d-моделей в Blender [Текст] / Е.И. Мальцева, М.И. Озерова. // Информационные технологии в науке и производстве. – 2018. – №5. – С. 105-111.
16. Официальная страница Blender [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.blender.org/about/>, свободный (дата обращения: 18.01.2018).
17. Пиаже, Ж. Структура интеллекта: Избр. психол. труды [Текст] / Ж. Пиаже. – М.: Просвещение, 1969. – С. 55-231.
18. Росс, Э. Освоение Autodesk 3ds max 5. 3D Studio MAX / Э. Росс, М. Баусквит. – М.: Вильямс, 2004. – 772 с.
19. Рубинштейн, С.Л. Основы общей психологии [Текст] / С.Л. Рубинштейн. – СПб.: Питер, 2002. – 720 с.
20. Смирнова, И.М. Компьютер помогает геометрии [Текст] / И.М. Смирнова, В.А. Смирнов. – М.: Дрофа, 2003. – 365 с.
21. Трёхмерная графика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>, свободный (дата обращения: 25.03.2018).
22. Угринович, Н.Д. Информатика и информационные технологии: Учебник для 10–11 классов [Текст] / Н.Д. Угринович. – М.: Лаборатория

Базовых Знаний, 2003. – 279 с.

23. Цукаръ, А.Я. Развитие пространственного воображения [Текст] / А.Я. Цуаръ. – М.: Союз, 2000 – 144 с.

24. Эльконин, Д.Б. Избранные психологические труды. [Текст] / Д.Б. Эльконин – М., 1989, – С. 287.

25. Якиманская, И.С. Развитие пространственного мышления школьников [Текст] / И.С. Якиманская. – М.: Просвещение, 1980. – 325 с.

26. Dusan, V. Spatial Imagination Development through Planar Section of Cube Buildings in Educational Process [Текст] / Dusan Vallo, Lucia Rumanova, Viliam Duris // Procedia – Social and Behavioral Sciences, – 2015. – №191. – С. 2146-2151.

27. Heather, B. Effects of social gaze on visual-spatial imagination [Текст] / Heather Buchanan<sup>1</sup>, Lucy Markson, Emma Bertrand, Sian Greaves, Reena Parmar and Kevin B. Paterson // Frontiers in Psychology – 2014. – №5. – С. 1-7.

28. Nuran, G. High school students' spatial ability and creativity in geometry [Текст] / Nuran Guzel, Ersin Sener // Procedia – Social and Behavioral Sciences – 2009. – №1. – С. 1763-1766.

29. Wei, W. Spatial Ability Explains the Male Advantage in Approximate Arithmetic [Текст] / Wei Wei<sup>1</sup>, Chuansheng Chen and Xinlin Zhou // Frontiers in Psychology – 2016. – №7. – С. 1-9.

30. Ajay, R. Measurement of Spatial Ability: Construction and Validation of the Spatial Reasoning Instrument for Middle School Students [Текст] / Ajay Ramful, Thomas Lowrie, Tracy Logan // Journal of Psychoeducational Assessment – 2016. – №35. – С. 709-727.



## Приложение А

### Список детей 12-13 лет (экспериментальная группа)

№	Список учащихся	Возраст
1.	Александр В.	13
2.	Александр Т.	13
3.	Анастасия А.	13
4.	Анастасия Ш.	13
5.	Ангелина Т.	12
6.	Арина Ч.	12
7.	Данила Н.	13
8.	Данила С.	12
9.	Дарья К.	12
10.	Диана Х.,	12
11.	Евгения Ж.	13
12.	Елизавета Р.	13
13.	Елизавета Т.	13
14.	Елизавета Ч.	12
15.	Иван Г.	12
16.	Илья З.	12
17.	Кристина Г.	12
18.	Никита В.	13
19.	Кира У	12
20.	Полина М.	13
21.	Рудольф П.	13
22.	Сергей Н.	12

Список детей 12-13 лет (контрольная группа)

<b>№</b>	<b>Список учащихся</b>	<b>Возраст</b>
1	Александр А.	12
2	Анастасия Г.	13
3	Анна З.	13
4	Артем М.	13
5	Богдана А.	12
6	Вадим Б.	12
7	Владислав Б.	12
8	Дмитрий Г.	13
9	Дмитрий Е.	13
10	Евгения З.	13
11	Ирина К.	13
12	Леонид М.	12
13	Мария П.	12
14	Мария С	12
15	Мария Ф.	12
16	Николай А.	12
17	Николай Д.	13
18	Павел Ф.	13
19	Рудик С.	13
20	Сергей Ч.	12
21	Татьяна М.	13
22	Татьяна Р.	12

## Приложение Б

Сводная таблица данных констатирующего этапа эксперимента

Имя Ф. ребёнка	Показатели развития пространственного воображения детей 12-13 лет					балл	ур-нь
	способность к оперированию двухмерными образами	способность к оперированию трехмерными образами	способность анализировать целое через составляющие его части	способность мысленно изменять взаимное расположение представляемых образов	способность разбираться в чертежах и схемах		
<b>Экспериментальная группа</b>							
Александр	2	2	2	1	1	8	СУ
Александр	2	2	1	2	2	9	СУ
Анастасия	3	3	3	3	3	15	ВУ
Анастасия	3	2	2	2	2	11	СУ
Ангелина	2	2	2	2	2	10	СУ
Арина	2	2	2	2	2	10	СУ
Данила	1	2	1	2	1	7	НУ
Данила	2	2	2	1	2	9	СУ
Дарья	1	1	1	1	1	5	НУ
Диана	3	3	2	2	2	12	СУ
Евгения	3	2	2	2	2	11	СУ
Елизавета	2	2	3	3	3	13	ВУ
Елизавета	2	2	2	2	2	10	СУ
Елизавета	2	2	3	3	3	13	ВУ
Иван	2	1	1	1	1	6	НУ
Илья	1	1	2	2	2	8	СУ
Кристина	1	1	1	1	1	5	НУ
Никита	1	1	2	2	2	9	СУ

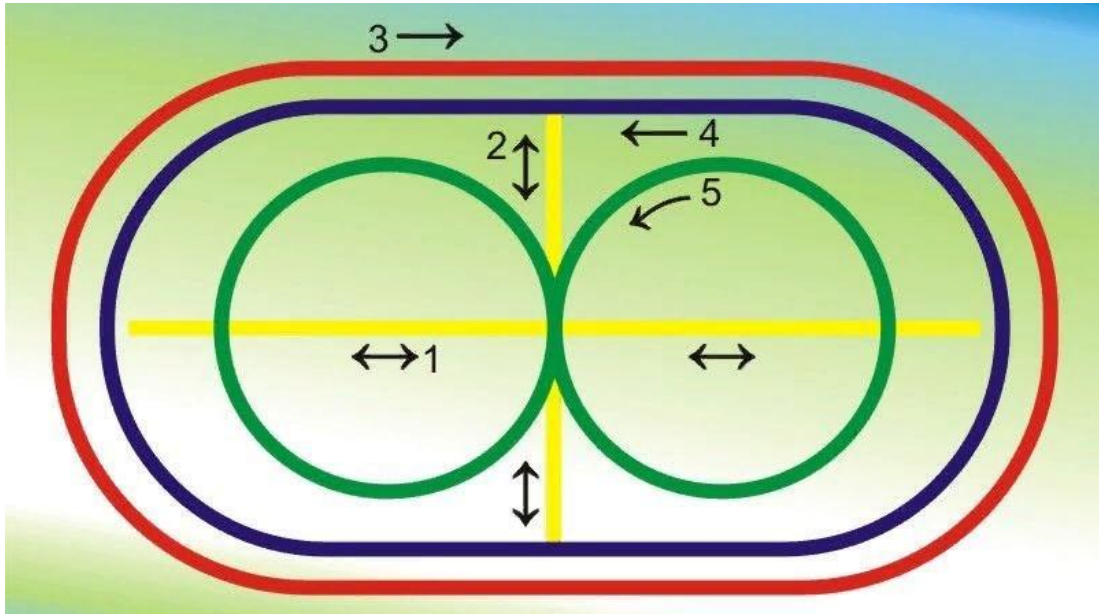
Кира	3	3	3	3	3	15	ВУ
Полина	2	2	2	2	2	10	СУ
Рудольф	2	2	2	2	2	10	СУ
Сергей	1	1	1	1	1	5	НУ
Контрольная группа							
Александр	1	2	1	2	1	7	НУ
Анастасия	2	2	2	3	1	10	СУ
Анна	3	3	3	3	3	15	ВУ
Артем	1	2	1	2	1	7	НУ
Богдана	1	1	1	1	1	5	НУ
Вадим	3	3	2	3	3	14	ВУ
Владислав	2	1	1	2	1	7	НУ
Дмитрий	2	2	2	2	2	10	СУ
Дмитрий	2	2	2	2	2	10	СУ
Евгения	2	3	3	2	3	13	ВУ
Ирина	2	3	2	2	3	12	СУ
Леонид	1	1	2	2	3	9	СУ
Мария	1	1	1	1	1	5	НУ
Мария	2	2	2	1	1	8	СУ
Мария	3	3	2	2	3	13	ВУ
Николай	1	2	3	2	3	11	СУ
Николай	2	2	2	2	2	10	СУ
Павел	1	2	2	1	1	7	НУ
Рудик	2	2	2	1	2	9	СУ
Сергей	1	1	2	2	2	8	СУ
Татьяна	2	3	3	3	2	13	ВУ
Татьяна	3	2	2	3	2	12	СУ

## Приложение В

Упражнение зрительной гимнастики, применяемое во время работы по развитию пространственного воображения у детей 12-13 лет посредством 3D-моделирования

### 1. Тренажёр В.Ф. Базарного

Линии разного цвета указывают рекомендуемую траекторию движения глаз.



## Приложение Г

Сводная таблица данных контрольного этапа эксперимента

Имя Ф. ребёнка	Показатели развития пространственного воображения детей 12-13 лет					балл	ур-нь
	способность к оперированию двухмерными образами	способность к оперированию трехмерными образами	способность анализировать целое через составляющие его части	способность мысленно изменять взаимное расположение представляемых образов	способность разбираться в чертежах и схемах		
<b>Экспериментальная группа</b>							
Александр	2	2	2	1	1	8	СУ
Александр	2	2	1	2	2	9	СУ
Анастасия	3	3	3	3	3	15	ВУ
Анастасия	3	3	3	3	2	14	ВУ
Ангелина	3	3	3	3	3	15	ВУ
Арина	2	2	3	3	3	13	ВУ
Данила	1	2	1	2	1	7	НУ
Данила	2	2	2	1	2	9	СУ
Дарья	1	1	1	1	1	5	НУ
Диана	3	3	3	3	3	15	ВУ
Евгения	3	2	3	2	3	13	ВУ
Елизавета	2	2	3	3	3	13	ВУ
Елизавета	3	3	3	3	2	14	ВУ
Елизавета	2	2	3	3	3	13	ВУ
Иван	2	1	1	1	1	6	НУ
Илья	1	1	2	2	2	8	СУ
Кристина	1	1	1	1	1	5	НУ
Никита	1	1	2	2	2	8	СУ

Кира	3	3	3	3	3	15	ВУ
Полина	2	2	2	2	2	10	СУ
Рудольф	2	3	3	3	2	13	ВУ
Сергей	2	2	2	2	2	10	СУ
Контрольная группа							
Александр	1	2	1	2	1	7	НУ
Анастасия	3	3	2	3	2	13	ВУ
Анна	3	3	3	3	3	15	ВУ
Артем	1	2	1	2	1	7	НУ
Богдана	1	1	1	1	1	5	НУ
Вадим	3	3	2	3	3	14	ВУ
Владислав	2	2	1	2	1	8	СУ
Дмитрий	2	2	2	2	2	10	СУ
Дмитрий	2	2	2	2	2	10	СУ
Евгения	2	3	3	2	3	13	ВУ
Ирина	2	3	2	2	3	12	СУ
Леонид	1	1	2	2	3	9	СУ
Мария	1	1	1	1	1	5	НУ
Мария	2	2	2	1	1	8	СУ
Мария	3	3	2	2	3	13	ВУ
Николай	1	2	3	2	3	11	СУ
Николай	2	2	2	2	2	10	СУ
Павел	1	2	2	1	1	7	НУ
Рудик	2	2	2	1	2	9	СУ
Сергей	1	1	2	2	2	8	СУ
Татьяна	2	3	3	3	2	13	ВУ
Татьяна	3	2	2	3	2	12	СУ

## Приложение Д

### Алгоритм выполнения задания на занятии

#### «Создание 3D-модели чашки»

1. В открывшемся окне программы необходимо удалить появившийся по умолчанию куб, нажав клавишу X на клавиатуре на английской раскладке. В выпавшем меню выбрать Delete.
2. Затем необходимо добавить цилиндр. Комбинацией клавиш Shift+A вызываем выпадающее меню. В нём наводим мышку на Mesh и из выпавшего подменю выбираем Cylinder
3. Выделяем верхний полигон правой кнопкой мыши. Экструдлируем данный полигон клавишей E. Получившийся дополнительный полигон уменьшаем в масштабе
4. Получившуюся внутреннюю окружность экструдлируем в очередной раз клавишей E ко дну чашки.
5. Теперь добавляем геометрический объект Торус. Также комбинацией клавиш Shift+A в выпадающем окне наводим мышь на строку Mesh, где из выпавшего подменю выбираем Torus
6. Выделяем половину Торуса комбинацией клавиш Ctrl+B.
7. Удаляем выделенную половину нажатием клавиши X (в выпавшем меню выбираем режим Faces)
8. Устанавливаем оставшуюся половину торуса рядом с чашкой в место ручки