МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт психологии, педагогики и социальных технологий
Кафедра теории и методики технологического и
профессионального образования

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФАЦИОННАЯ РАБОТА
ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема: Формирование основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке «Реверсивный инжиниринг»

Выполнил: Симакова Полина Денисовна
студент группы ОБ-44.03.05.01-55 _____

Руководитель проекта: Наумова Татьяна Альбертовна
К.пс.н., доцент _____

Заведующий кафедрой ТМТПО: Причинин Алексей Евгеньевич
К.п.н., доцент _____

ВКР УдГУ

Ижевск 2026

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт психологии, педагогики и социальных технологий
Кафедра теории и методики технологического и
профессионального образования

ЗАДАНИЕ

студенту**: Симаковой Полине Денисовне**

на выполнение выпускной квалификационной работы (дипломного проекта) по направлению 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профиль: Технология и Информатика

Тема выпускной квалификационной работы (дипломного проекта) рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ТМТПО

Протокол № 7

от "14" мая 2026 г.

Зав. кафедрой _____

Причинин А.Е.

Ижевск 2026

ВКР УдГУ

1. Тема выпускной квалификационной работы (дипломного проекта)

«Формирование основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке « Реверсивный инжиниринг»

2. Состав работы (проекта)

2.1. Пояснительная записка (стр.)

2.2. Материальное средство обучения

2.3. Электронное средство обучения

2.4. Презентация

3. Содержание работы (проекта)

3.1. Информационно-аналитическое исследование.

3.2. Педагогическая технология, способствующая формированию основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке « Реверсивный инжиниринг».

3.3. Комплексное средство обучения, способствующее формированию основ инженерного мышления.

3.4. Опытно-экспериментальная работа.

4. Сроки выполнения и защиты

4.1. Предзащита выпускной квалификационной работы: 09.06.2026 г.

4.2. Защита выпускной квалификационной работы: 29.06.2026 г.

5. Руководитель работы (проекта)

Наумова Татьяна Альбертовна - кандидат психологических наук, доцент.

ВКР УлГУ

РЕФЕРАТ

Дипломный проект посвящен формированию основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке «Реверсивный инжиниринг».

Пояснительная записка сдержит 139 страниц, введение, три главы, 55 источника информации, заключения и приложений.

Во введении выявлена актуальность выбранной темы. Обозначены проблема исследования, предмет и объект. Сформулированы цель, задачи и гипотеза.

В первой главе проведен обзор исследований по заявленной теме, которые находятся в открытом доступе, а также анализ понятия «инженерное мышление», подходов, концепций, теорий и методов по формированию основ инженерного мышления.

Во второй главе модернизирована рабочая программа кружка «Реверсивный инжиниринг», ее структура и содержание. Разработана педагогическая технология. Выбраны методы обучения, с помощью которых учебный процесс является наиболее эффективным. В третьем параграфе разработаны требования к средству обучения, проведен анализ аналогов, разработано и описано средство обучения, обеспечивающее формирование основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке «Реверсивный инжиниринг».

Для подтверждения выдвинутой гипотезы проведена опытно-экспериментальная работа в ЦДО УдГУ г. Ижевска. В эксперименте приняли участие учащиеся тринадцати-четырнадцати лет. Проведен анализ результатов исследования, а также сделаны выводы по проекту в целом.

ВКР УдГУ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Исследование

Дополнительное образование

Реверсивный инжиниринг

Метод технологических кейсов

Инженерный цикл

Системный анализ

Когнитивное картирование

Генерация идей

Цифровое прототипирование

3D печать

Средство обучения

ВКР УдГУ

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ **7**

1. ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ **13**

1.1. Сущность понятия «инженерное мышление» 13

1.2. Подходы, методы и формы формирования инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке «Реверсивный инжиниринг» 17

1.3. Психолого-педагогические особенности развития логического мышления у учащихся среднего звена 23

Выводы по главе 28

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ **30**

2.1. Модернизация учебной программы 30

2.2 Разработка педагогической технологии 40

2.3. Разработка средств обучения 51

Выводы по главе 66

3. ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РАБОТА **67**

3.1. Методика проведения опытно-экспериментальной работы по формированию основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке «Реверсивный инжиниринг» 67

3.2. Проведение опытно-экспериментальной работы 76

3.3. Обработка и анализ полученных данных 85

Выводы по главе 91

ЗАКЛЮЧЕНИЕ **93**

ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ **95**

ПРИЛОЖЕНИЕ А 101

ПРИЛОЖЕНИЕ Б 104

ПРИЛОЖЕНИЕ В 106

ПРИЛОЖЕНИЕ Г 107

ПРИЛОЖЕНИЕ Д 115

ВКР УдГУ

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования обусловлена необходимостью подготовки подрастающего поколения к деятельности в условиях стремительных технологических изменений, которые задают вектор развития современного общества. Ключевую роль в этом процессе играет формирование инженерного мышления, включающего способности к анализу, проектированию, решению нестандартных задач и воплощению идей в готовый продукт.

Особую значимость эта задача приобретает в нашем регионе. Удмуртская Республика обладает мощным промышленным потенциалом, однако развитие промышленности сдерживается острой нехваткой квалифицированных кадров. Директор Кадрового центра Удмуртии подтверждает: «у нас высокий спрос на инженеров и рабочих». При этом до 30% выпускников вузов и ссузов покидают республику в поисках перспектив в других регионах. Данная проблема требует системных решений в сфере подготовки инженерных кадров, начиная со школьной скамьи.

Прямая отсылка на значимость инженерного направления содержится в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, которая ставит задачу создания возможностей для выявления и поддержки одаренных детей и молодежи, проявляющих склонности к инженерному делу [46]. Эта государственная задача ориентирует систему образования на поиск эффективных путей раннего развития инженерного потенциала учащихся. Однако не менее важна их конкретная реализация на местах. В Удмуртской Республике стратегические ориентиры в сфере образования заданы *Концепцией развития дополнительного образования детей в УР* до 2030 года, в рамках которой особое внимание уделяется технической направленности [39]. Продолжением системной работы стал *национальный проект «Молодёжь и дети»* [31], в рамках которого в Удмуртии реализуются

ВКР УдГУ

два региональных проекта: «Россия - страна возможностей» и «Мы вместе». Благодаря участию в нём в республике развиваются кластеры «Профессионалитета», работают «Кванториумы» и «ИТ-кубы».

Важно отметить, что традиционная урочная система в рамках Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования часто является ограниченной для глубокой, практико-ориентированной работы с техническими объектами. ФГОС ООО ориентирована на достижение метапредметных результатов, связанных с проектным мышлением и исследовательской деятельностью [38], однако эти требования носят общий характер. Поэтому ключевую роль в формировании у детей инженерного мышления играет дополнительное образование детей. Кружок по реверсивному инжинирингу создаёт необходимые условия для реализации инженерного направления через интенсивную практико-ориентированную работу, моделирующую реальный инженерный процесс.

Особую значимость процесс формирования основ инженерного мышления приобретает в среднем подростковом возрасте (тринадцати-шест лет), который является наиболее благоприятным периодом для становления абстрактно-логического и системного мышления. Пиаже Ж. связывал этот возраст с достижением стадии формальных операций, когда подросток учится систематически искать решение проблем, выдвигать и проверять гипотезы [37]. Это создаёт исключительно благоприятные психологические условия для целенаправленного формирования инженерного мышления.

Степень изученности проблемы. Психологические основы формирования мышления в деятельности были исследованы в трудах Гальперина П.Я. [15], Давыдова В.В., [16], Леонтьева А.Н. [23], Ломова Б.Ф. [25] и Рубинштейна С.Л. [41], в чьих работах были рассмотрены непосредственно вопросы инженерной психологии и специфики технического мышления. В современных педагогических исследованиях проблема формирования инженерного мышления у школьников

ВКР УлГУ

рассматривается Атауловой О.В. [2], Беляк Е.Л., Егоровой Г.И. [3], Бодряковой В.Ю. [7] и Мамалыгой Р.Ф. [26].

Теоретической и методической опорой в работе является исследование Киреева Д.Н. [21], которое экспериментально доказывает эффективность практико-ориентированного подхода. Его работа подтверждает, что инженерное мышление у подростков успешно формируется через сквозные проекты, реализующие полный цикл деятельности от анализа и цифрового моделирования объекта до создания его физического прототипа с использованием современных технологий.

Таким образом, несмотря на множественные исследования и существующий теоретический фундамент, проблема формирования основ инженерного мышления у подростков в системе дополнительного образования сохраняет практическую актуальность. Это связано как с необходимостью выполнения государственного запроса и кадровых потребностей промышленности Удмуртии, так и с необходимостью создания новых или адаптации существующих методов преподавания, которые учитывают особенности современных подростков и требования технологически насыщенного мира. Целенаправленная работа по формированию инженерного мышления через реверсивный инжиниринг выступает важным условием для воспитания конструктивно мыслящего, инициативного молодого поколения, способного к созданию новых технических решений.

Противоречия:

- между требованием государственных образовательных программ о ранней инженерной подготовке молодежи и недостаточной разработанностью конкретных педагогических инструментов для её реализации в системе дополнительного образования детей.

- между психологической готовностью учащихся тринадцати-четырнадцати лет к освоению системного, конструкторского мышления и

ВКР УдГУ

преобладанием в практике дополнительного образования репродуктивных, шаблонных методов обучения.

- между потребностью общества в формировании у подростков способности к инновационной деятельности и недостаточной методической обеспеченностью современных педагогических подходов для развития данной способности в рамках кружковой работы.

По вышесказанным противоречиям можно определить **проблему исследования**: какова педагогическая технология, обеспечивающая эффективное формирование основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет в системе дополнительного образования на занятиях в кружке «Реверсивный инжиниринг».

Цель исследования: разработать и апробировать педагогическую технологию формирования основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке «Реверсивный инжиниринг».

Объект исследования: учебно-воспитательный процесс в кружках технической направленности в системе дополнительного образования.

Предмет исследования: процесс формирования основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке «Реверсивный инжиниринг».

Гипотеза исследования

Формирование основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет в системе дополнительного образования будет более эффективным, если:

1. Программа кружка будет адаптирована для формирования основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет.
2. Педагогическое взаимодействие будет осуществляться на основе интеграции системно-деятельностного, проблемно-поискового, когнитивно-деятельностного подходов и следующие методы: метод проблемного обучения, исследовательских заданий, проектного

ВКР УлГУ

моделирования, технологических кейсов и метод когнитивного картирования.

3. На занятиях будут применяться электронное и материальное средство обучения, направленные на формирование основ инженерного мышления.

В соответствии с целью, объектом, предметом и гипотезой исследования, были поставлены следующие **задачи**:

1. Конкретизировать понятие «инженерное мышление».
2. Исследовать научно-педагогическую и методическую литературу по проблеме исследования, выявить и обосновать педагогические подходы, методы и формы организации обучения, эффективные для формирования основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет в системе дополнительного образования.
3. Адаптировать программу кружка «Реверсивный инжиниринг» для учащихся тринадцати-четырнадцати лет, направленную на формирование основ инженерного мышления через последовательность этапов: анализ объекта, проектирование, цифровое моделирование новой модели и реализация.
4. Разработать электронное и материальное средства обучения, способствующие формированию основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке «Реверсивный инжиниринг».
5. Провести опытно-экспериментальную работу по оценке эффективности разработанной технологии в формировании основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке «Реверсивный инжиниринг».

Методологическую основу исследования составляют: Большаков В.П., Бочков А.Л. и др. [8], Волошинов Д.В. [13], Тимирбаев Д.Ф. [48]., Громов

ВКР УдГУ

В.В. [13], Дополнительная общеобразовательная программа «Реверсивный инжиниринг» (УдГУ) [34] и Никонов В.В. [33].

Теоретическими основаниями исследования являются:
Атаулова О.В. [2], Бодряков В.Ю. [7], Большаков В.П. [8], Волошинов Д.В.[13], Ломов Б.Ф.[25], Мамалыга Р.Ф. [26], В.В. Никонов [33], Чекулаева М.Е. [53] и Шигабетдинова Г.М. и др.[20].

Диагностика сформированности инженерного мышления.

Для оценки динамики формирования основ инженерного мышления в рамках опытно-экспериментальной работы запланирован комплекс диагностических методов:

- «Карта показателей сформированности основ инженерного мышления», через педагогическое наблюдение отражающая прогресс учащихся на каждом этапе проектирования.

- Тесты для оценки уровня технического мышления «Тест механической понятливости Беннета» (автор адаптации Г.В. Резапкина) [40] и креативного потенциала учащихся «Тест диагностики креативности Торренса» (автор адаптации - Туник Г Е.) [50].

ВКР УдГУ

1. ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

1.1. Сущность понятия «инженерное мышление»

В контексте реализации государственной Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [48] и в соответствии с региональными документами в сфере образования, формирование инженерного мышления становится стратегической образовательной задачей, направленной на подготовку учащихся, способных к преобразовательной деятельности, решению нестандартных задач и созданию новых технических решений. Однако для эффективного решения этой задачи необходимо прежде всего чётко определить, что представляет собой инженерное мышление как психолого-педагогический феномен. Авторы современной психолого-педагогической и технической литературы предлагают различные трактовки этого понятия.

Ломов Б.Ф. в своих работах по инженерной психологии рассматривает инженерное мышление как *«специфический вид познавательной деятельности, направленной на преобразование объекта от замысла к воплощению и требующей одновременного учета системы ограничений: технических, экономических, эргономических и социальных»* [25]. В данной теории акцент делается на понимании инженерного мышления как практико-ориентированного и многокритериального. Его подход принципиально важен тем, что он рассматривал человека как ведущее звено в системах «человек–машина», выделяя такие аспекты инженерной деятельности, как приём и переработка информации, оперативное мышление, оперативная память, а также общие закономерности деятельности оператора и его надёжность.

В современной педагогике содержание данного понятия конкретизирует Атаулова О.В. Она определяет инженерное мышление школьников как «*способность к анализу конструкции, выявлению принципов*

ВКР УлГУ

работы и проектированию новых решений», указывая на связь аналитической и проектной составляющих в его структуре [2].

В монографии под редакцией Шигабетдиновой Г.М. инженерное мышление трактуется как *«система формируемых компетенций: аналитической, конструкторской, технологической и исследовательской, проявляющихся в процессе решения учебно-практических задач»* [20]. В данной теории инженерное мышление можно представить как систему практических навыков, где каждая компетенция отвечает за свой этап работы: от анализа объекта и проектирования модели до выбора способа её изготовления и оценки результата.

Исследования мышления, проведённые в рамках деятельностного подхода, также внесли значительный вклад в понимание инженерного мышления. Гальперин П.Я. разработал теорию поэтапного формирования умственных действий [15], которая впоследствии стала основой для многих педагогических технологий, направленных на развитие мышления в процессе практической деятельности. В.В. Давыдов обосновал теорию развивающего обучения [16], в рамках которой мышление формируется через решение учебных задач, требующих анализа, планирования и рефлексии. Леонтьев А.Н. рассматривал деятельность как основу формирования психических процессов, включая мышление [23]. Рубинштейн С.Л. в своих трудах подчёркивал единство сознания и деятельности, отмечая, что мышление формируется и проявляется в деятельности [41]. Эти теоретические положения создали фундамент для понимания того, как именно происходит становление инженерного мышления в процессе преобразовательной деятельности.

Ряд авторов в своих эмпирических исследованиях конкретизируют отдельные аспекты инженерного мышления. Так, Бодряков В.Ю. рассматривает формирование реалистичных представлений о физических свойствах материалов как важный инструмент развития инженерного мышления, поскольку выбор материала является ключевым технологическим

ВКР УлГУ

решением [7]. Мамалыга Р.Ф. акцентирует внимание на пространственном мышлении как критически важной составляющей, необходимой для чтения чертежей и создания трехмерных моделей [26]. Чекулаева М.Е. утверждает, что развитие инженерного мышления эффективно происходит через привлечение учащихся к составлению прикладных задач, что формирует понимание связи теории с практикой [53].

Большаков В.П. [8], Никонов В.В. [33] и Волошинов Д.В. [13] в своих трудах по инженерной компьютерной графике и CAD-моделированию рассматривают инженерное мышление через владение технологическими средствами. Для них инженерное мышление это «мышление, воплощенное в способности переводить инженерный замысел в точную, математически выверенную цифровую модель, осуществлять ее анализ и виртуальное тестирование», что формирует основу для изготовления модели. Эти авторы делают акцент на таких практических навыках, как умении работать в специализированных программных средах.

Обобщая рассмотренные теоретические позиции, можно утверждать, что, несмотря на разнообразие подходов к определению инженерного мышления, в них прослеживается содержательное единство. Анализ представленных точек зрения позволяет выделить ключевые компоненты, составляющие структуру инженерного мышления в деятельности подростков:

- аналитико-исследовательский компонент основан на способности определять параметры, функции, причинно-следственные связи и принципы работы объекта, а также анализировать материалы, из которых он состоит, что служит основой для дальнейших преобразований.

- проектно-конструкторский компонент включает пространственное воображение и умение соединять разные идеи в одно целое, на этом этапе появляется замысел модернизации и определяется его конструктивное решение.

ВКР УлГУ

- технологический компонент представляет собой основную фазу практической реализации объекта, суть которой заключается в реализации идеи через цифровое моделирование в специализированной программе и материальное воплощение, которое требует понимания свойств материалов и владения инструментами реализации.

- оценочно-критический компонент обеспечивает рефлексию и оптимизацию решения через тестирование нового объекта, аргументацию выбора и оценку результата в соответствии с начальными условиями и ограничениями.

Инженерное мышление в современных исследованиях также рассматривается как основа для многих областей науки, технологии, инженерии и математики (STEM-образование), где особое значение придаётся формированию системного, творческого и практико-ориентированного мышления, обеспечивающего успешную деятельность в области техники и технологий. В этом контексте развитие инженерного мышления у школьников рассматривается не только как подготовка к будущей профессиональной деятельности, но и как средство формирования универсальных компетенций, необходимых в современном технологически насыщенном мире.

Анализ психолого-педагогической литературы позволяет сделать вывод, что инженерное мышление не является врождённым качеством, а формируется и развивается в процессе целенаправленной деятельности. Особую роль в этом процессе играет практическая работа с техническими объектами, которая позволяет учащимся не только усвоить теоретические знания, но и научиться применять их в реальных условиях. В этом контексте реверсивный инжиниринг выступает как эффективный инструмент формирования инженерного мышления, поскольку он предполагает не просто воспроизведение готового образца, а его анализ, осмысление и последующую модернизацию.

ВКР УлГУ

Важно отметить, что суть инженерного мышления заключается в выявлении технического противоречия или недостатка исходной конструкции и в поиске решения, которое устраняет этот недостаток с учётом заданных ограничений. Деятельность учащихся на занятиях кружка направлена на решение конкретной инженерной задачи**,** которая требует анализа, проектирования и проверки результата.

Таким образом, на основе анализа теоретических позиций авторов можно заключить, что инженерное мышление представляет собой *формируемую в практической деятельности способность к системному решению задач, предполагающую выявление технических недочетов и поиск их решения с учётом заданных ограничений, через последовательное осуществление полного цикла преобразовательной работы: анализ объекта, проектирование изменений, цифровое моделирование, технологическое воплощение и критическая оценка результата.*

1.2. Подходы, методы и формы формирования инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке «Реверсивный инжиниринг»

В ходе исследования были рассмотрены ключевые педагогические подходы, однако для целенаправленного формирования инженерного мышления обучающихся тринадцати-четырнадцати лет в рамках кружковой деятельности по реверсивному инжинирингу были выделены три подхода:

1. Системно-деятельностный подход (Гальперин П.Я. [15], Давыдов В.В. [16], Леонтьев А.Н. [23]) в контексте данного исследования представляют образовательный процесс как целостную систему, где развитие инженерного мышления учащегося происходит через его активную, осмысленную преобразовательную деятельность. Сущностью подхода является формирование у учащихся компетенций к осуществлению полного цикла преобразовательной деятельности от анализа существующего объекта

ВКРУДГУ

до создания его усовершенствованного материального прототипа, что достигается через последовательное решение сквозных практических задач, моделирующих реальную инженерную работу.

Основные принципы системно-деятельностного подхода, способствующие формированию инженерного мышления:

- Принцип деятельности (Леонтьев А.Н. [23]). Формирование знаний и умений происходит через активную работу с материальными и цифровыми объектами, включающую их анализ формы, материала и функций, снятие размеров, 3D-моделирование и последующее изготовление прототипа методом 3D-печати.

- Принцип целостности инженерного цикла (Ломов Б.Ф. [25]). Образовательный процесс моделирует реальную инженерную деятельность: анализ объекта, выявление принципов его работы, проектирование модификаций, цифровое моделирование, технологическое воплощение и оценка результата.

- Принцип системности. Образовательный процесс направлен на видение объекта как единства формы, функции, материала и технологии изготовления, что достигается через взаимосвязь целей и диагностики, отражающей продвижение по всему циклу.

- Принцип учета ограничений (Ломов Б.Ф. [25]). Проектная деятельность учащихся строится в рамках системы технических, технологических и ресурсных ограничений, что способствует формированию реалистичного и технологически грамотного подхода к работе.

- Принцип ориентации на конечный вид продукта (Давыдов В.В. [16]). Обучение строится по схеме «от общего к частному»: работа над проектом начинается с формирования чёткого представления о конечном результате, затем планируются и выполняются конкретные шаги для его реализации.

Системно-деятельностный подход на занятиях в кружке «Реверсивный инжиниринг» создает педагогические условия для превращения инженерного мышления из теоретической концепции в практический инструмент

ВКР УлГУ

преобразовательной деятельности. В центре образовательного процесса находится сквозная проектная деятельность учащегося, в которой он осваивает инженерные операции через непосредственное решение практических задач. Учащийся начинает видеть объект как систему взаимосвязанных элементов и учится проектировать в рамках технических, технологических и ресурсных ограничений.

2. Проблемно-поисковый (исследовательский) подход (Дьюи Д. [17]).

Применение данного подхода на занятиях в кружке «Реверсивный инжиниринг» акцентирует внимание на организации обучения как процесса самостоятельного решения учащимися инженерно-конструкторских задач, что максимально приближает учебную деятельность к реальной практике анализа, изобретательства и проектирования. Для подросткового возраста (тринадцати-шестнадцати лет), который характеризуется развитием абстрактно-логического мышления (Пиаже Ж. [37]), стремлением к самостоятельности, критичности и познавательной активности (Павловская Н.Г. [35]), формат работы, когда подросток сталкивается с конкретной технической проблемой и получает возможность проверить свои гипотезы, превращает обучение в увлекательный процесс инженерного исследования.

Основные принципы проблемно-поискового подхода в контексте реверсивного инжиниринга:

- Принцип исходной проблемы (Атаулова О.В. [2]). Учебная задача формулируется как практическая проблема, что стимулирует аналитическую и проектную активность.

- Принцип исследовательской деятельности, где учащиеся включаются в процесс, имитирующий инженерное исследование: постановка проблемы, проведение анализа, выдвижение гипотезы о модификации объекта и проверка гипотез через моделирование.

ВКР УлГУ

- Принцип гипотетичности. Поощряется выдвижение и сравнительный анализ нескольких технологических решений одной задачи, что развивает гибкость мышления и критическое мышление.

- Принцип связи с технологической практикой (М.Е. Чекулаева [53]). Решение конструкторской задачи невозможно без создания цифровой модели и физического прототипа, что формирует понимание неразрывной связи теории, проектирования и производства.

Данный подход делает формирование инженерного мышления увлекательным процессом открытия, где подросток выступает в роли исследователя и инженера-конструктора, что максимально соответствует его возрастной потребности в самостоятельности и получению конкретного, значимого результата своих действий.

3. Когнитивно-деятельностный подход (Брушлинский А.В. [10, 11], Гальперин П.Я. [15], Пиаже Ж. [37]) представляет собой научно обоснованную стратегию обучения, акцентирующую внимание на закономерностях формирования мыслительных операций. Как отмечает Брушлинский А.В., «познание-это не зеркальное отражение мира, а активная деятельность по его преобразованию, где мышление формируется через интериоризацию внешних действий» [10]. Основная цель подхода в контексте кружка заключается в формировании устойчивых инженерно-когнитивных компетенций, обеспечивающих способность к анализу, пространственному моделированию и технологическому проектированию.

Основные принципы когнитивно-деятельностного подхода, релевантные для реверсивного инжиниринга:

- Принцип поэтапного формирования умственных действий (Гальперин П.Я. [15]). Ключевые инженерные операции формируются через четкую последовательность:

1. Материализованное действие (работа с реальным объектом);

2. Этап внешней речи заключается в составлении технического описания и обсуждении плана модернизации;

ВКР УлГУ

3. Этап формирования цифровой модели включает переход в знаково-символическую среду CAD-систем (Большаков В.П. [8], Никонов В.В. [33]);

4. Свернутое умственное действие (свободное оперирование образом объекта в уме для решения задач).

- Принцип ориентации на когнитивные компетенции. В основе подхода лежит целенаправленное развитие базовых мыслительных операций - анализ, синтез, классификация, соответствующих стадии формальных операций (Пиаже Ж. [37]). Эти операции становятся фундаментом для специальных инженерных компетенций.

- Принцип развития пространственного мышления (Мамалыга Р.Ф. [26]). Формирование у учащихся способности мысленно оперировать трёхмерными образами является необходимым когнитивным инструментом для анализа физического объекта, создания его цифровой модели и проектирования изменений, что является критически важной составляющей для работы с чертежами и моделированием.

- Принцип интериоризации технических знаний (Бодряков В.Ю. [7]). Формирование знаний о материалах и конструкции объекта происходит через решение проектных задач, благодаря чему знания превращаются из абстрактной информации в практический инструмент.

Таким образом, когнитивно-деятельностный подход задаёт психолого-педагогический механизм для перехода от действий над физическим объектом к оперированию цифровыми моделями. Он обеспечивает формирование устойчивых инженерно-когнитивных схем мышления: способности анализировать, преобразовывать и проектировать, что составляет основу инженерной деятельности в условиях технологической среды.

Синтез данных подходов позволяет реализовать на занятиях в кружке «Реверсивный инжиниринг» следующие конкретные методы, направленные на формирование компонентов инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет:

ВКР УлГУ

Метод проектного моделирования (Большаков В.П. [8], Волошинов Д.В. [13]). Является стержневым методом, непосредственно реализующим деятельностный цикл. Учащиеся выполняют сквозной проект по созданию модернизированного объекта, последовательно проходя все этапы от анализа прототипа до 3D-печати. Этот метод формирует целостное инженерное видение и ответственность за результат.

Метод исследовательских заданий применяется на аналитическом этапе реверсивного инжиниринга. Учащиеся получают задание на комплексное исследование объекта: функций, конструкции, снятие размеров и изучение материалов, что развивает аналитико-диагностический компонент мышления.

Метод когнитивного картирования (Брушлинский А.В. [10, 11]) является инструментом визуализации объекта, при котором учащиеся в процессе анализа и проектирования создают схематические модели. Эта деятельность устанавливает взаимосвязи между функцией, формой и материалом объекта, переводя проектный замысел в чёткую, структурированную схему.

Метод технологических кейсов (Тимирбаев Д.Ф. [48]) направлен на формирование оценочно-критического компонента инженерного мышления. Учащиеся работают с готовыми вариантами решения инженерных кейсов, анализируя успешные и неудачные примеры решений. За счет этого у них расширяется практический инструментарий, формируется технологическая грамотность и развивается способность критической оценки решений.

Для реализации методов развития логического мышления будут использованы следующие формы организации обучения:

Групповая форма является ведущей организационной структурой кружка, моделирующей реальную инженерную деятельность. Учащиеся объединяются в устойчивые команды (2-3 человека) для выполнения сквозных проектов по реверсивному инжинирингу. Проходя все этапы совместной работы, они учатся эффективно распределять задачи и разделять

ВКР УлГУ

ответственность за общий проект. Также групповая форма работы развивает коммуникативный, кооперативный компоненты инженерного мышления и способность к системному видению задачи в рамках команды.

Индивидуальная форма в условиях кружка реализуется через личную ответственность каждого участника в рамках общей работы, где педагог выступает в роли консультанта и наставника, оказывая адресную поддержку и помощь в решение сложных задач в соответствии с темпом освоения учеником технологических операций. Самостоятельно выполняя свой блок задач, учащийся формирует технологическую грамотность, внутреннюю ответственность за качество своего вклада и уверенное владение инструментарием, что создает основу для эффективной совместной работы, где общий успех зависит от результативности каждого.

Таким образом, формирование основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет в системе дополнительного образования обеспечивается интеграцией трёх педагогических подходов: системно-деятельностного, проблемно-поискового и когнитивно-деятельностного.

Методы формирования инженерного мышления, отобранные на основе данных подходов и цели исследования: метод проектного моделирования, исследовательских заданий, когнитивного картирования и технологических кейсов. Индивидуальная и групповая формы организации деятельности обеспечивают оптимальные условия для применения данных методов в кружковой деятельности.

ВКР УлГУ

1.3. Психолого-педагогические особенности развития логического мышления у учащихся среднего звена

Исходя из государственных приоритетов в области научно-технологического развития, формирование основ инженерного мышления является одной из ключевых задач современного образования. Этот процесс

определен возрастными особенностями учащихся, проходящих путь от младшего подросткового (одиннадцать-тринадцать лет) к старшему подростковому возрасту (пятнадцать-шестнадцать лет) с критическим и наиболее сензитивным периодом для становления системного, преобразовательного типа мышления в возрасте тринадцати-четырнадцати лет. Данный возраст выступает «эпицентром» подросткового развития, когда синхронно созревают нейрофизиологические предпосылки, когнитивные способности и социальные потребности, открывая возможности для целенаправленной педагогической работы в кружке по реверсивному инжинирингу. Понимание психолого-педагогических особенностей развития школьников на этой ступени является основой для эффективного формирования инженерного мышления.

Учащиеся одиннадцати-шестнадцати лет находятся в стадии подросткового возраста, который Выготский Л.С. характеризовал как период «культурного развития», где на первый план выходит развитие высших психических функций [14]. Этот период делится на этапы:

- возраст одиннадцать-тринадцать лет определяется как ранний подростковый пубертат, характеризующийся началом перехода к абстрактному мышлению, высокой эмоциональной вовлеченностью и ориентацией на сверстников. Поскольку познавательная деятельность в этом возрасте ещё опирается на наглядность и предметные действия (Гальперин П.Я. [15]), Эльконин Д.Б. [54]), интерес к техническому творчеству закладывается через практическую работу с реальными объектами и простыми моделями.

- возраст тринадцати-четырнадцати лет является пиком подросткового кризиса (по Эльконину Д.Б. [54]) и наиболее сензитивным периодом для формирования основ инженерного мышления. Этот возраст отличается выраженностью «чувства взрослости», стремлением к автономии, интенсивным развитием формально-логических операций (Пиаже Ж. [37]) и обостренной потребностью в деятельности, имеющей значимый результат.

ВКР УдГУ

Эти особенности делают подростков восприимчивыми к проектной инженерной деятельности, моделирующей взрослую профессиональную практику.

- возраст пятнадцати-шестнадцати лет относится к старшему подростковому возрасту. В этот период происходит стабилизация физиологии и эмоционального фона, дальнейшее развитие абстрактного мышления, формирование мировоззрения, профессиональное самоопределение, усиление рефлексии и способности к саморегуляции. Инженерное мышление переходит на уровень осознанного применения в более сложных проектах.

Седьмой класс (тринадцать-четырнадцать лет) выступает своеобразным эпицентром подросткового развития, когда возникают предпосылки и потребности в формировании основ инженерного мышления.

В подростковом возрасте происходят значительные физиологические изменения, характеризующиеся гормональной перестройкой, скачком роста, изменениями пропорций тела, половом созреванием, колебаниям давления, сердцебиения, аппетита и сна, что может приводить к повышенной утомляемости и переменчивой работоспособности (Гамезо М. В. [12]). С педагогической точки зрения это требует дозирования нагрузки и динамичной смены видов деятельности на занятии кружка. Нейрофизиологические изменения связаны с активной перестройкой мозга, особенно префронтальной коры, отвечающей за планирование, контроль импульсов и сложные когнитивные функции. В то же время наблюдается повышенная активность лимбической системы **(**структур мозга, отвечающих за эмоции и мотивацию), что объясняет эмоциональную неустойчивость и склонность к риску. Созревание связей между префронтальной корой и другими областями мозга способствует развитию самоконтроля и абстрактного мышления, хотя эффективность этих связей еще не достигла уровня взрослого человека (Павловская Н.Г., Байкадамов Д.В. [35]).

ВКР УлГУ

В подростковом возрасте наблюдаются значительные изменения в эмоционально-волевой сфере. У учащихся тринадцати-четырнадцати лет формируется ярко выраженное «чувство взрослости» и стремление к автономии (Эльконин Д.Б. [54]). В контексте кружковой работы это стремление работает как катализатор, когда подросток в роли ответственного исследователя и конструктора получает осязаемый результат. Повышенная чувствительность к оценкам сверстников и доминирующая над познавательной деятельностью роль общения в учебной сфере (Эльконин Д.Б. [54]), из потенциальной сложности превращаются в ключевой ресурс при организации групповой деятельности. Самосознание активно развивается, самооценка становится более дифференцированной, но часто зависит от внешних оценок. Рефлексия позволяет подростку анализировать не только свои поступки, но и логику собственных инженерных решений, что закладывает основу для ключевого компонента инженерного мышления -критической оценки и оптимизации решений (Атаулова О.В. [2]).

В подростковом возрасте, согласно Пиаже Ж., происходит переход к стадии формальных операций, что позволяет учащимся тринадцати-четырнадцати лет мыслить гипотетико-дедуктивно: выдвигать и проверять гипотезы, рассуждать о возможных вариантах решения проблемы и оперировать абстрактными понятиями [37]. Эти навыки развиваются в сотрудничестве, что соответствует идее «зоны ближайшего развития» Л.С. Выготского [14], где работа в группе или с педагогом-наставником позволяет подростку осваивать сложные операции, сложные для самостоятельного выполнения. Данный подростковый возраст является сензитивным периодом для развития пространственного мышления, что является когнитивной основой для аналитико-исследовательского и проектно-конструкторского компонентов инженерного мышления.

Социально-культурные особенности учащихся тринадцати-четырнадцати лет характеризуются активным поиском своей социальной

ВКР УлГУ

позиции, формированием глубоких дружеских отношений и высокой подверженностью влиянию сверстников. Этот социальный контекст становится основным фактором мотивации и оценки информации. Параллельно у подростков формируется система личных ценностей и моральных суждений, часто идеалистического характера, что способствует развитию критической автономии и стремления к справедливости. В триназцать лет подростки погружены в насыщенную знаково-символическую среду цифровых коммуникаций, что требует от них постоянной фильтрации и оценки большого потока информации. Это развивает критическое мышление, но также может приводить к поверхностному восприятию и клиповому мышлению.

Деятельность кружка по реверсивному инжинирингу направлена на формирование у учащихся основ инженерного мышления - компетенций, обеспечивающих способность к анализу, проектированию и созданию объектов. Седьмой класс является важным этапом для формирования этой компетенции, так как данный возраст представляет собой сензитивный период для педагогической работы. В это время наблюдаются перестройка мозга, достижение пика развития формально-логических операций и обострение потребности в интеллектуальной и социальной автономии. Эти факторы создают условия для формирования ключевых компонентов инженерного мышления:

1. Мыслительный процесс алгоритмизации и планирования формируется благодаря развитию префронтальной коры и системной работе с материально-технической базой кружка.

2. На стадии формальных операций подростки способны системно рассматривать варианты решения проблемы, прогнозировать последствия и проводить мысленные эксперименты, что является основой для аналитико-исследовательского этапа.

3. Благодаря развитию префронтальной коры базовые мыслительные операции, такие как синтез и классификация переходят из внешнего плана во

ВКР УлГУ

внутренний, что формирует когнитивную базу для проектно-конструкторского этапа.

4. Стремление оспаривать информацию и формирующаяся критическая автономия становятся основой для развития оценочно-критического этапа инженерного мышления.

Таким образом, возраст учащихся тринадцати-четырнадцати лет представляет собой важный период для формирования основ инженерного мышления. Синхронность созревания префронтальной коры, достижения стадии формальных операций и роста потребности в интеллектуальной автономии и социально значимой деятельности создает особую восприимчивость к освоению ключевых компонентов инженерного мышления в условиях практико-ориентированного обучения.

Выводы по главе

Проведенный теоретический анализ позволил сформулировать интегративное определение инженерного мышления учащихся как *формируемую в практической деятельности способность к системному решению задач, предполагающую выявление технических недочетов и поиск их решения с учётом заданных ограничений, через последовательное осуществление полного цикла преобразовательной работы: анализ объекта, проектирование изменений, цифровое моделирование, технологическое воплощение и критическая оценка результата.*

Выбор педагогических подходов и методов для формирования инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет в системе дополнительного образования в этом возрасте обоснован его уникальными психолого-педагогическими особенностями: *пиком развития формальных операций, созреванием префронтальной коры головного мозга и потребностью в интеллектуальной автономии и социализации*. Этим особенностям оптимально соответствуют три взаимодополняющих подхода:

ВКР УдГУ

системно-деятельностный, проблемно-поисковый и когнитивно-деятельностный. Конкретными методами, вытекающими из данных подходов, возрастных особенностей и задач кружка по реверсивному инжинирингу, являются: *метод проблемного обучения, метод проектного моделирования, метод исследовательских заданий, метод когнитивного картирования и метод технологических кейсов*. Формы организации учебной деятельности: *фронтальная, групповая* и *индивидуальная* создают оптимальные условия для реализации указанных методов, моделируя реальную инженерную работу и обеспечивая персонализацию обучения.

Таким образом, теоретический анализ, проведённый в первой главе, позволил создать необходимую основу для проектирования педагогической технологии создать теоретическую основу для проектирования педагогической технологии формирования инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет и разработки средств обучения. Выделенные методы и формы организации занятий могут служить практическим инструментарием для педагога дополнительного образования.

ВКР УдГУ

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ

2.1. Модернизация учебной программы

Учебная программа является опорой образовательного процесса, она служит для формирования знаний, умений и навыков учащихся. Данный документ, определяющий содержание, последовательность изучения материала, методы и формы организации обучения, является основным инструментом педагога. Разработка и адаптация программы требуют соблюдения методических принципов, учета возрастных особенностей и потребностей обучающихся, а также четкого соответствия поставленным педагогическим целям.

Как указывают Крившенко Л.П. и Вайндорф-Сысоаева М.Е., «**Учебная программа** - это нормативный документ, в котором определяется круг основных знаний, навыков и умений, подлежащих усвоению по каждому отдельно взятому учебному предмету, и раскрывается логика изучения основных идей с указанием последовательности тем, вопросов и общей дозировки времени на их изучение» [36]. В структуру программы традиционно включают:

- перечень тем изучаемого материала;
- рекомендации по количеству времени на каждую тему;
- распределение содержания по этапам обучения;
- общее время, отводимое на освоение курса.

В педагогике выделяют несколько видов учебных программ:

- типовые программы;
- рабочие школьные программы;
- личностно-индивидуальные авторские программы.

Для системы дополнительного образования детей особенно характерны **авторские общеразвивающие программы**. Их пишут педагоги,

ВКР УдГУ

учитывая конкретные условия, интересы детей и современные тенденции, что позволяет сделать обучение гибким и практико-ориентированным.

Основной целью учебной программы в дополнительном образовании является обеспечение системного и эффективного обучения, направленного на развитие конкретных компетенций учащихся в выбранной области. Программа должна быть адаптирована к возрасту и возможностям целевой группы и должна быть гибкой, позволяя применять разнообразные педагогические методы и формы организации деятельности. Также программа должна быть обновляемой и подлежать периодической корректировке.

В рамках нашего исследования не стоит задача разработать свою собственную новую программу. Нам необходимо взять готовый, документ и модернизировать его таким образом, чтобы он стал эффективным инструментом для достижения нашей цели: формирования основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке « Реверсивный инжиниринг».

Для анализа и последующей модернизации была выбрана *Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Реверсивный инжиниринг»* (разработал Опарин А. И. доцент кафедры ТМТПО ИППСТ ФГБОУ УдГУ) [34]. Данный выбор обусловлен не только её тематическим соответствием нашему исследованию, но и практической проверкой, так как я веду кружок по реверсивному инжинирингу, и данная программа является для меня рабочей основой, что позволяет оценить её реальную эффективность и потенциал для адаптации.

ВКР УдГУ

Таблица 2.1.

Анализ дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы «Реверсивный инжиниринг»

Критерий для анализа	**Содержание в программе «Реверсивный инжиниринг» (УдГУ)**
1. Цель программы	Содержит следующую **цель:** формирование у обучающихся теоретических знаний, умений и практических навыков по реверсивному инжинирингу и созданию собственных проектов на основе уже существующих изделий.
2. Задачи программы	**Содержит 5 задач:** 1. Сформировать представления о компьютерном моделировании и прототипировании. 2. Обучить правилам безопасной работы на современном оборудовании. 3. Развить интерес к научно-техническому, инженерно-конструкторскому творчеству. 4. Развить коммуникативные навыки, навыки коллективной работы, умение формулировать и отстаивать своё мнение. 5. Сформировать базовые умения и практические навыки в перспективных технологических направлениях.
3.Планируемые результаты освоения программы	**Присутствует деление на предметные, метапредметные и личностные результаты.** **Предметные:** будет иметь представление о современных технологиях компьютерного моделирования и изготовления изделий; научится читать и исполнять алгоритмы; научится пользоваться современным технологическим оборудованием; узнает программы оцифровки объектов и системы автоматизированного проектирования; будет иметь опыт работы в одной из систем автоматизированного проектирования. **Метапредметные:** будет уметь решать соответствующие возрасту учебные задачи. **Личностные:** приобретет заинтересованность в расширении знаний и умений в области технического творчества.

ВКР УдГУ

4.Профессиональные и общие компетенции	В программе указано, что она ориентирована на формирование профессиональных компетенций в области 3D-сканирования, конструирования, компьютерного моделирования и подготовки производственной документации, а также общие компетенции (soft skills), связанные с проектным подходом, работой с оборудованием и технической коммуникацией. Также программа направлена на подготовку к участию в чемпионатах WorldSkills Russia по компетенциям технической направленности («Инженерный дизайн CAD», «Реверсивный инжиниринг» и др.).
5. Содержание курса (разделы)	**Программа состоит из 3 последовательно построенных разделов:** 1. Цифровое проектирование и моделирование (основы CAD, сложное моделирование, 3D-сканирование, чертежи). 2. Технологии производства (аддитивные, субтрактивные, формативные технологии, работа на станках ЧПУ, лазерные технологии). 3. Реверсивный инжиниринг (анализ объекта, оцифровка, проектирование по облаку точек, подготовка документации, выбор технологии, изготовление и сборка изделия).
6. Количество часов ключевого раздела «Реверсивный инжиниринг»	Общее число часов программы **составляет 72** часа, из которых **22 часа** отводится на 3 раздел **«Реверсивный инжиниринг».**
7. Тематическое планирование	В программе описаны формы организации учебного процесса (лекции, практические работы, дистанционные форматы, консультации) и смешанный формат обучения. Однако конкретные педагогические методы и подходы в программе явным образом не прописаны.

Основной задачей на данном этапе является возрастная адаптация программы. Поскольку исходный курс создан для учащихся

ВКР УлГУ

шестнадцати-семнадцати лет, его содержание и подход требуют корректировки для учащихся тринадцати-четырнадцати лет. Целью адаптации является сохранение сильных стороны курса, трансформация методов и организация деятельности таким образом, чтобы они соответствовали познавательным возможностям, интересам и ведущей деятельности детей тринадцати-четырнадцати лет.

В данной программе цель сформулирована комплексно и отражает суть реверсивного инжиниринга как деятельности. Она задаёт верное направление создания объекта по прототипу. Поэтому, мы можем оставить цель программы без изменений, так как она напрямую способствует достижению цели нашего исследования: формированию инженерного мышления через практику реверсивного инжиниринга. Однако для достижения нашей цели к списку задач необходимо добавить еще одну задачу: развить ключевые компоненты инженерного мышления (аналитический, проектный, технологический и оценочный). Добавление данной задачи требует уточнения планируемых результатов. Автор программы уже выделил предметные, метапредметные и личностные результаты. Мы дополним описание предметных результатов, конкретизировав умения, связанные с инженерным мышлением. Учащийся будет уметь:

- аналитико-исследовательские: проводить анализ объекта с использованием измерительного инструмента и фиксировать результаты.
- проектно-конструкторские: генерировать идеи функциональной модернизации объекта и создавать цифровую 3D-модель нового варианта.
- оценочные: проводить сравнительный анализ исходного объекта и полученного прототипа, оценивая соответствие результата поставленной задаче.

Что касается содержания, мы внесли следующие основные изменения:

- мы переставили 2 (Технологии производства) и 3 (Реверсивный инжиниринг (обратное проектирование)) разделы содержания программы.

ВКР УлГУ

- исключили сложные темы, несоответствующие возрасту (тринадцати-четырнадцати лет), темы, которые автоматически становятся нереализуемыми в связи отсутствия оборудования.

- перераспределили освободившиеся часы между оставшимися темами.

Первый раздел «Цифровое проектирование и моделирование» был пройден в первом полугодии, на которое выделяется 36 часов. Мы уже работали с учащимися по данной программе с начала учебного года, и, учитывая возрастные особенности и отсутствие некоторого оборудования, перераспределили часы и исключили некоторые темы. Мы исключили темы 1.1. - «Поверхностное моделирование», 1.2. - «Оцифровка корпусных деталей. 3D сканирование» и отвели больше часов на моделирование и построение сложных моделей. (см. Рисунок 1). Тему 1.6. - «Создание чертежей» мы перенесли в 3 раздел реверсивного инжиниринга. Темы, которые бы исключены, мы выделили красным, перенесенные в другой раздел темы – зеленым, темы, в которых было перераспределение часов - желтым.

Наименование разделов/тем	Количество часов			Формы контроля/аттестации
	Теория	Практика	Всего	
Раздел 1. Цифровое проектирование и моделирование				
Тема 1.1. Основы твердотельного моделирования	2	2	4	наблюдение, опрос, практическая работа
Тема 1.2. Вспомогательные операции моделирования	1	1	2	практическая работа
Тема 1.3. Поверхностное моделирование	1	3	4	практическая работа
Тема 1.4. Построение сложных комплексных моделей	1	3	4	практическая работа
Тема 1.5. Оцифровка корпусных деталей. 3D сканирование	1	5	6	практическая работа
Тема 1.6. Создание чертежей	1	3	4	практическая работа

Рисунок 1. Модернизация Раздела 1 «Цифровое проектирование и моделирование»

ВКР УлГУ

В результате мы получили:

Наименование разделов/тем	Количество часов			Формы контроля/аттестации
	Теория	Практика	Всего	
Раздел 1. Цифровое проектирование и моделирование				
Тема 1.1. Основы твердотельного моделирования	2	10	12	наблюдение, опрос, практическая работа
Тема 1.2. Вспомогательные операции моделирования	2	6	8	практическая работа
Тема 1.3 Построение сложных комплексных моделей	2	10	12	практическая работа

Рисунок 2. Результат модернизации Раздела 1

Для целенаправленной модернизации программы под цель исследовательской работы, второй раздел - «Технологии производства» тоже был адаптирован. Мы исключили из программы темы, связанные с работой на станках с ЧПУ и лазерными технологиями (тема 2.5, 2.6, 2.8 и 2.9 см. Рисунок 3) в связи с их высокой технологической сложностью, требованиями безопасности, а также с учетом возрастных особенностей учащихся. Данные технологии при необходимости можно оставить в формате ознакомительного обсуждения при выполнении сквозного проекта. Данные технологии могут выступать как альтернативный способ изготовления изделий, что позволит сформировать у учащихся представление о вариантах современных производственных процессов. Освободившиеся часы мы добавили к темам 2.2 и 2.7 (см. Рисунок 3, Рисунок 4).

Темы 2.1 и 2.2 были пройдены в первом полугодии. Таким образом, за 36 часов были пройдены темы: 1.1 - 1.3, 2.1, 2.2, которые заложили у учащихся основы знаний, умений и навыков 3D моделирования и печати цифровых моелей на 3D принтере.

ВКР УлГУ

Наименование разделов/тем	Количество часов			Формы контроля/аттестации
	Теория	Практика	Всего	
Раздел 2. Технологии производства				
Тема 2.1 Аддитивные технологии (технологии производства с добавлением материала)	1	-	1	наблюдение, опрос
Тема 2.2. Особенности подготовки моделей к печати на 3D принтере	1	1	2	практическая работа
Тема 2.3. Печать изделий на 3D принтере	-	3	3	практическая работа
Тема 2.4 Субтрактивные технологии (технологии производства с удалением материала)	1	-	1	наблюдение, опрос
Тема 2.5 Точение. Изготовление деталей на токарном станке с ЧПУ	1	3	4	практическая работа
Тема 2.6 Фрезерование. Изготовление деталей на фрезерном станке с ЧПУ	1	3	4	практическая работа
Тема 2.7 Сверление, шлифование и др. операции удаления материала. Обработка деталей с помощью ручных и электромеханических инструментов	-	2	2	практическая работа
Тема 2.8 Формативные технологии (технологии производства без удаления и без добавления материала)	1	1	2	наблюдение, опрос
Тема 2.9 Лазерные технологии	5	1	5	практическая работа

Рисунок 3. Модернизация Раздела 2 «Технологии производства»

В результате мы получили:

Наименование разделов/тем	Количество часов			Формы контроля/аттестации
	Теория	Практика	Всего	
Раздел 2. Технологии производства				
Тема 2.1 Аддитивные технологии (технологии производства с добавлением материала)	1	-	1	наблюдение, опрос
Тема 2.2. Особенности подготовки моделей к печати на 3D принтере	1	2	3	практическая работа
Тема 2.3 Субтрактивные технологии (технологии производства с удалением материала)	1	-	1	наблюдение, опрос
Тема 2.4 Сверление, шлифование и др. операции удаления материала. Обработка деталей с помощью ручных и электромеханических инструментов	2	9	11	практическая работа
Итоговая аттестация	2	-	2	наблюдение, тест
Всего:	**17**	**55**	**72**	

Рисунок 4. Результат модернизации Раздела 2

ВКР УлГТУ

Раздел 3 «Реверсивный инжиниринг» мы реализовали после темы 2.2 втрого, что позволяет выстроить логичную и психологически понятную для данного возраста (тринадцать-четырнадцать лет) цепочку: от освоенных базовых навыков CAD-моделирования к их осмысленному применению в сквозном проекте реверсивного инжиниринга. Темы 2.3 и 2.4 мы оставили на конец учебного года. Такое расположение позволит сохранить интерес и мотивацию учащихся. Кроме того, с методической точки зрения, именно этот раздел, часть которого носит ознакомительный характер, в случае необходимости может быть рационально сокращён без ущерба для главного результата курса.

В разделе «Реверсивный инжиниринг» мы исключили темы 3.3 и 3.5, так как данные темы расчитаны на более старший возраст и не подходят к моему методу развития инженерного мышления. Свободные часы мы добавляем к темам 3.1, 3.2 и 3.6 для работы над сквозными проектами (см. Рисунок 5).

Ещё одним направлением адаптации стало содержательное и хронологическое перераспределение тем 1.6 «Создание чертежей» и 3.4 «Подготовка документации ». Мы объединили эти темы в одну 3.2 «Создание чертежей» (см. Рисунок 6) и поставили ее следующей за темой 3.1 раздела «Реверсивный инжиниринг», так как в рамках сквозного проекта учащиеся будут заполнять и создавать простые чертежи. После чего, опираясь на чертеж, учащиеся будут создавать цифровую модель с помощью системы автоматизированного проектирования КОМПАС 3D с последующей реализацией через печать на 3D принтере.

В общей сумме на прохождение 2 раздела «Реверсивный инжиниринг» было выделено 22 часа.

ВКР УлГУ

Наименование разделов/тем	Количество часов			Формы контроля/аттестации
	Теория	Практика	Всего	
Раздел 3. Реверсивный инжиниринг (обратное проектирование)				
Тема 3.1 Обратное проектирование детали с помощью ручного измерительного инструмента	1	1	2	наблюдение, опрос
Тема 3.2 Обратное проектирование с использованием цифровых технологий	1	1	2	практическая работа
Тема 3.3. Обратное проектирование детали по облаку точек и сопрягаемым деталям и элементам	1	3	4	практическая работа
Тема 3.4. Подготовка документации по цифровой модели	1	3	4	наблюдение, опрос
Тема 3.5. Выбор технологии изготовления. Разработка технологической карты	-	2	2	практическая работа
Тема 3.6. Изготовление деталей и сборка изделия	-	8	8	практическая работа
Итоговая аттестация	-	2	2	практическая работа
Всего:	**18**	**54**	**72**	

Рисунок 5. Модернизация Раздела 3 «Реверсивный инжиниринг»

В результате мы получили:

Наименование разделов/тем	Количество часов			Формы контроля/аттестации
	Теория	Практика	Всего	
Раздел 2. Технологии производства				
Тема 3.1 Обратное проектирование детали с помощью ручного измерительного инструмента	1	3	4	наблюдение, опрос
Тема 3.2. Создание чертежей	1	1	2	практическая работа
Тема 2.3 Обратное проектирование с использованием цифровых технологий	1	9	10	наблюдение, опрос
Тема 2.4 Печать моделей на 3D принтере	1	5	6	практическая работа
	4	18	22	

Рисунок 6. Результат модернизации Раздела 3

В рассматриваемой нами программе не указаны методы и подходы, используемые учителем при изучении материала. Поэтому перед нами стоит

ВКР УлГУ

еще одна задача: подобрать необходимые для достижения цели исследования педагогические подходы, принципы и методы.

Таким образом, проанализировав рабочую программу «Реверсивный инжиниринг» и учитывая цель исследования, мы провели целевую модернизацию для формирования основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет. В рамках модернизации нами были осуществлены следующие ключевые изменения:

- была добавлена задача «Развить ключевые компоненты инженерного мышления (аналитический, проектный, технологический и оценочный).

- адаптировано содержание с учетом возраста и ресурсов: из программы были исключены или переведены в ознакомительный формат технологически сложные и/или ресурсозатратные темы, не соответствующие возможностям учащихся тринадцати-четырнадцати лет и материальной базе. Высвобожденные часы были перераспределены на углублённую проектную деятельность, анализ объектов и создание цифровых моделей.

- объединены и перераспределены смежные темы: темы «Создание чертежей» (1.6) и «Подготовка документации» (3.4) объединены в одну практическую задачу «Создание чертежей».

ВКР УлГУ

2.2 Разработка педагогической технологии

Для эффективного формирования основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке « Реверсивный инжиниринг» необходима целенаправленная педагогическая технология. В современной педагогике существует множество трактовок этого понятия. Так, Беспалько В.П. определяет педагогическую технологию как «*совокупность средств и методов воспроизведения теоретически обоснованных процессов обучения и воспитания, позволяющих успешно реализовывать поставленные образовательные цели»* [5]. Лихачев Б.Т. рассматривает ее как «*совокупность психолого-педагогических установок,*

определяющих специальный набор и компоновку форм, методов, способов, приемов обучения, воспитательных средств; она есть организационно-методический инструментарий педагогического процесса» [24].

Обобщая данные определения, можно сказать, что ***педагогическая технология - это детально разработанная модель учебного процесса, включающая в себя цели, содержание, методы, формы и средства обучения, а также систему диагностики, что в совокупности гарантирует достижение запланированных результатов.***

Разрабатываемая нами педагогическая технология опирается на модернизированную программу кружка «Реверсивный инжиниринг» (см. п. 2.1) и средства обучения (см. п. 2.3) и имеет следующую структуру, представленную в ПРИЛОЖЕНИИ Б.

Целевой блок: Целью проектируемой нами педагогической технологии является формирование основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет через практику реверсивного инжиниринга.

Формирование инженерного мышления требует комплексного подхода, учитывающего как системные взаимосвязи, так и индивидуальные особенности учащихся.

Концептуальный блок: Разрабатываемая нами технология базируется на интеграции трех подходов:

Системно-деятельностный подход (Давыдов В.В. [16], Леонтьев А.Н. [23]) является стержневым. В его рамках обучение рассматривается как процесс развития учащегося через организацию целостной, осмысленной преобразовательной деятельности. В рамках реверсивного инжиниринга это означает, что учащийся должен пройти полный цикл инженерной работы от анализа существующего объекта до создания и оценки его усовершенствованного прототипа. Данный подход обеспечивает понимание системных связей между этапами работы и формирует ответственность за конечный результат.

ВКР УлГУ

Проблемно-поисковый (исследовательский) подход (Дьюи Д. [17]) определяет содержательный и мотивационный контекст. Обучение строится вокруг решения практических инженерных задач, что превращает занятия в исследование и изобретательство. Это соответствует ключевой возрастной особенности учащихся тринадцати-четырнадцати лет - стремлению к самостоятельности и интеллектуальной самореализации. Сталкиваясь с проблемой, подросток активизирует аналитические и творческие способности, выдвигает гипотезы, ищет пути их проверки.

Когнитивно-деятельностный подход (Гальперин П.Я. [15], Пиаже Ж. [37]) задает психологический механизм формирования мышления. Он акцентирует внимание на закономерностях перехода внешних практических действий во внутренний, умственный план. В контексте реверсивного инжиниринга это проявляется в поэтапном формировании умственных операций: от действий с реальным объектом через анализ его свойств и функций к работе с цифровыми моделями и обратно к материальной форме.

Из данных подходов для реализации педагогической технологии можно выделить конкретные принципы:

Принцип целостности инженерного цикла указывает на то, что образовательный процесс строится как последовательность взаимосвязанных этапов: анализ объекта, проектирование модификаций, цифровое моделирование, технологическое воплощение, тестирование и оценка. Этот принцип обеспечивает формирование у учащихся системного взгляда на инженерную задачу.

Принцип ориентации на конечный продукт подчеркивает, что работа над проектом начинается с формирования четкого представления о желаемом результате, что задает мотивацию и конкретный план последующих действий.

Принцип исследовательской деятельности представляет учебный процесс как модель реального инженерного исследования, которое

ВКР УлГУ

начинается с постановки проблемы, проведения анализа объекта, выдвижение гипотез о способах модернизации и их проверка через моделирование и изготовление прототипа.

В контексте ***принципа связи с технологической практикой*** любое решение конструкторской задачи невозможно решить без перехода от замысла к цифровой модели и её материального воплощения, что формирует у учащихся глубокое понимание взаимосвязи теории, проектирования и реального производства.

Принцип поэтапного формирования умственных действий определяет психологический механизм освоения инженерных операций через строгую последовательность: материализованное действие (работа с реальным объектом), этап внешней речи и схематизации (составление ТЗ), формирование действия в знаково-символической форме (создание CAD-модели), свернутое умственное действие (свободное оперирование образом объекта в уме).

Принцип развития пространственного мышления подчеркивает, что на всех этапах инженерного проектирования целенаправленно развивается способность мысленно воспринимать, создавать и оперировать трехмерными образами, что является критически важной когнитивной основой для анализа объекта, чтения и создания чертежей, а также работы в CAD-системах.

Содержательный блок: Чтобы сформировать основы инженерного мышления на занятиях в кружке « Реверсивный инжиниринг», обратимся к его структурным компонентам, выделенным в первой главе диплома на основе анализа теоретических источников (Атаулова О.В. [2], Ломов Б.Ф. [25] и другие). Инженерное мышление в контексте реверсивного инжиниринга представляет собой интеграцию следующих взаимосвязанных компонентов:

- *Аналитико-исследовательский компонент* включает умение проводить системный анализ объекта: выявлять его функцию, особенности

ВКР УлГУ

конструкции, свойства материалов, а также точно измерять и фиксировать размерные параметры.

- *Проектно-конструкторский компонент* реализуется через умение на основе анализа генерировать идеи модернизации, создавать простые чертежи, разрабатывать цифровые 3D-модели.

- *Технологический компонент* подразумевает умение подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере, осуществлять контроль печати и постобработку.

- *Оценочно-критический компонент* включает в себя умение тестировать полученный прототип, сравнивать его свойства с поставленной задачей, анализировать ошибки и корректировать решения.

Каждый компонент представлен в виде конкретных умений, которые последовательно формируются на соответствующих этапах педагогической технологии. В схеме особое внимание уделено аналитико-исследовательскому компоненту как фундаменту всего инженерного цикла.

Данная педагогическая технология разработана для формирования основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет в системе дополнительного образования и предполагает достижение следующих умений, дифференцированных по уровням сформированности:

Уровень 1 (высокий):

- Учащийся самостоятельно и всесторонне анализирует объект: точно определяет его назначение, конструкцию, материал; корректно использует измерительные инструменты, фиксирует размеры без ошибок; делает аргументированные выводы о конструкции и её возможных недостатках. На основе анализа выявляет техническое противоречие или недостаток, мешающий работе объекта, и формулирует задачу по его устранению.

- На основе проведённого анализа формулирует реализуемую идею модернизации; чётко составляет Техническое Задание (ТЗ) и создаёт простой чертеж с нанесением всех необходимых размеров на заранее подготовленный лист с проекциями объекта.

ВКР УлГУ

- Самостоятельно создаёт цифровую 3D-модель в CAD-системе, соответствующую ТЗ; грамотно сохраняет файлы и выбирает параметры для 3D-печати в программе-слайсере.

- С помощью преподавателя осуществляет 3D-печать, наблюдает за ходом печати объекта и осуществляет необходимую постобработку, получая качественный прототип; соблюдает правила техники безопасности.

- Проводит комплексное тестирование прототипа, объективно сравнивает его с исходным объектом и заявленными целями; осознанно анализирует возможные причины расхождений, формулирует обоснованные выводы и предлагает пути дальнейшей оптимизации.

Уровень 2 (средний / оптимальный):

- Учащийся анализирует объект с помощью педагога или сверстников; определяет функции или материалы объектов; снимает размеры с небольшими погрешностями; выводы носят общий описательный характер. Выявляет недостаток с помощью педагога, формулирует задачу по его устранению при поддержке учителя.

- Генерирует идею модернизации; ТЗ и простой чертеж модернизированной модели могут быть неполными или содержать неточности в размерах или возможности реализации.

- Создаёт 3D-модель с ошибками, требует консультаций при выполнении операций; подготовка модели к печати выполняется с помощью педагога или сверстников.

- Выполняет печать 3D-печать, наблюдает за ходом печати объекта и осуществляет необходимую постобработку под контролем педагога, получая прототип; соблюдает правила техники безопасности.

- Тестирование прототипа проводится поверхностно, сравнение с целью происходит формально; учащийся затрудняется самостоятельно проанализировать причины неудач, нуждается в помощи при формулировке выводов.

ВКР УлГУ

Уровень 3 (низкий / недостаточный):

- Учащийся не может самостоятельно выделить основные функции объекта, допускает грубые ошибки при работе с измерительными инструментами; не делает выводов о конструкции или они не соответствуют реальности. Педагог указывает на недостаток, формулирует задачу по его устранению.

- Не может сформулировать собственную идею модернизации без прямой помощи со стороны; ТЗ и чертеж составляются только при постоянной консультации преподавателя, содержат ошибки.

- Не владеет базовыми операциями CAD-моделирования; не может создать простую 3D-модель по готовому чертежу без помощи со стороны.

- Процесс печати полностью осуществляется и контролируется педагогом; учащийся не может самостоятельно подготовить модель к печати.

- Не проводит тестирование; не может объяснить, чем полученный прототип отличается от задуманного; выводы отсутствуют.

Педагогическая технология представляет собой структурированную последовательность из пяти этапов, реализующих полноценный цикл реверсивного инжиниринга. Технология построена по циклическому принципу: полная последовательность из пяти этапов выполняется для каждого из двух объектов модернизации, что позволяет учащимся пройти путь от анализа до реализации дважды, закрепив и углубив навыки. На каждом этапе педагог фиксирует продвижение учащихся, заполняя «Карту показателей» сформированности основ инженерного мышления.

1 этап «Исследование физического объекта, фиксация данных», является фундаментальным и занимает 3 академических часа.

На первом занятии (1,5 ак.ч.), работая фронтально со всем классом, педагог объясняет суть реверсивного инжиниринга и алгоритм работы по технологии, знакомит учащихся с материальным кейсом «Инженерный старт» и веб-платформой «Конструктор ТЗ». Затем учащиеся объединяются в малые группы по 2-3 человека, совместно с педагогом выбирают первый

ВКР УлГУ

объект исследования первого уровня (два объекта первого уровня, два объекта второго уровня). С помощью метода исследовательских заданий проводим комплексный анализ выбранного объекта: определяем его функции и материал, с помощью измерительных инструментов снимаем размеры и вносим данные на платформу «Конструктор ТЗ». Также, используя метод когнитивного картирования, параллельно заполняем простые чертежи, которые входят в кейс. Учитель выступает в роли консультанта.

2 этап «Генерация идей по модернизации объекта на основе проведенного анализа, создание простого чертежа и технического задания» проходит на том же занятии (0,5 ак.ч.) и является логическим продолжением первого этапа.

На этом занятии учащиеся на основе полученных данных выявляют недостатки объекта. Затем они формулируют техническую задачу: «Как устранить выявленный недостаток с учётом имеющихся ограничений?». Работая в группах, с помощью платформы «Конструктор ТЗ» выдвигаются варианты модернизации, используя метод мозгового штурма, группы обсуждают предложенные варианты и выбирают наиболее эффективное техническое решение с учётом ограничений (материал - PLA-пластик, время печати не более 2 часов). Выбранное решение фиксируется как техническая задача, и группа вносит данные на платформу. Таким образом, учащиеся решают не абстрактную задачу «как улучшить», а конкретную инженерную проблему: устранить выявленный недостаток в рамках заданных ресурсных и технологических ограничений.

Примеры инженерных задач:

- Бизиборд: «При вращении ручки шестерёнки соскальзывают и выпадают. Как спроектировать механизм фиксации, чтобы они оставались на месте, но продолжали вращаться?» или «Изменить декоративное оформление бизиборда, при этом сохранив все механизмы полностью рабочими».

ВКР УлГУ

- Кубики Сома: «При сборке конструкции кубики не держатся вместе и рассыпаются. Как добавить элементы соединения, чтобы конструкция оставалась устойчивой, но кубики можно было разобрать?»
- Спинер: «У вас есть каркас спинера, но в нём отсутствует крутящий механизм. Как спроектировать и добавить в каркас механизм вращения, чтобы спинер мог выполнять свою функцию?»
- Крест Макарова: «Детали креста плохо соединяются между собой. Как изменить геометрию соединения, чтобы оно было более плотным и надёжным?»

Учащиеся выявляют недостаток, формулируют его как техническую задачу, предлагают решение и реализуют его в рамках заданных ограничений. Такой подход превращает модернизацию объекта в полноценную инженерную деятельность.

3 этап «Создание 3D-модели модернизированного объекта в CAD на основе полученной информации» проходит на 2-3 занятиях (5 ак.ч.).

На первом занятии (2 ак.ч.), работая фронтально, педагог совместно с учащимися повторяет ключевые операции в программной среде КОМПАС-3D. Затем учащиеся в рабочих группах, используя метод проектного моделирования, приступают к созданию цифровой 3D-модели своей детали, в соответствии с Техническим Заданием и собственным чертежом. Основная задача на данном этапе заключается в том, чтобы точно перевести двумерный эскиз в объемную цифровую форму. На втором и третьем занятии, после создания модели учащиеся, используя метод технологических кейсов, проводят её верификацию и исправляют ошибки. Финальной частью этапа является подготовка файлов к печати, где учащиеся экспортируют модель в формат STL и настраивают базовые параметры в программе-слайсере. Учитель выступает в роли технического консультанта.

ВКР УдГУ

4 этап «Печать модели на 3D принтере» реализуется на одном занятии (2 ак.ч.).

На данном этапе продолжается реализация метода проектного моделирования, которая теперь переходит из цифровой среды в область материального производства. Подготовленные для печати файлы учащиеся передают педагогу, который, совместно с учащимися, запускает печать моделей на 3D-принтерах, учащиеся фиксируют ключевые этапы и алгоритм действий педагога, самостоятельно запускают печать. В процессе печати учащиеся наблюдают за работой оборудования, чтобы вовремя сообщить педагогу о возможных технических сбоях. После завершения печати учащиеся проводят необходимую постобработку своих изделий: аккуратно отделяют модели от платформы, удаляют конструкции поддержек и при необходимости выполняют лёгкую шлифовку. Учитель на данном этапе контролирует безопасность работы с оборудованием и консультирует по вопросам постобработки.

5 этап «Тестирование полученного прототипа, сравнительный анализ» проходит на том же заключительном занятии (1 ак.ч.) и направлен на развитие оценочно-критического компонента инженерного мышления.

На данном этапе учащиеся в своих проектных группах проводят испытания готовых прототипов. С помощью метода технологических кейсов они выполняют сравнительный анализ: сравнивают готовые модели с исходными объектами, проверяют выполнение заявленных в ТЗ функций, анализируют качество изготовления. Затем, в ходе общей фронтальной дискуссии, активизируется метод проблемного обучения: учитель ставит проблемные вопросы, побуждая каждую группу представить свой проект, рассказать о возникших проблемах и путях их решения, сформулировать выводы об эффективности выбранной модернизации. Учитель выступает в роли модератора дискуссии, подводит итоги проектного цикла.

Для формирования основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке «Реверсивный

ВКР УлГУ

инжиниринг» нами будут применены следующие ***методы***: метод проектного моделирования, метод исследовательских заданий, метод когнитивного картирования, метод технологических кейсов, метод проблемного обучения; следующие ***формы организации деятельности***: индивидуальная, групповая (в малых проектных командах), фронтальная.

Объединение вышепредставленных методов, форм и средств обучения обеспечивает комплексный и системный подход к формированию основ инженерного мышления, охватывая все его компоненты, моделируя в учебных условиях полный цикл современной инженерной деятельности.

Результативный блок: При успешном выполнении всех пяти этапов технологии учащийся должен достигнуть следующих планируемых результатов:

- Учащийся сможет проанализировать объект, определить его основные функции и материалы, корректно снять и зафиксировать размеры с помощью инструментов из инженерного кейса, а также сделать выводы о его конструкции.

- Учащийся сможет на основе проведенного анализа сгенерировать идею модернизации нового объекта и отобразить свой замысел в виде эскиза.

- Учащийся сможет самостоятельно создать цифровую 3D-модель модернизированного объекта в CAD-системе в соответствии с эскизом и ТЗ, а также технологически подготовить ее к печати.

- Учащийся сможет проанализировать процесс печати объекта на 3D-принтере и выполнить его необходимую постобработку.

- Учащийся сможет провести испытания полученного прототипа, сравнить его свойства с исходным объектом и заявленными целями модернизации, проанализировать успешность решения и сформулировать выводы по итогам проекта.

Если после реализации всех блоков технологии и проведения повторной диагностики (см. раздел 2) наблюдается положительная динамика в уровне сформированности компонентов инженерного мышления, то

ВКР УлГУ

педагогическая технология считается эффективной. Если диагностика не показывает значимого прогресса, требуется анализ и коррекция отдельных элементов технологии: методов, средств или деталей организационных этапов.

Всё вышесказанное систематизировано и представлено в виде структурно-логической схемы в ПРИЛОЖЕНИИ Б.

2.3. Разработка средств обучения

Инженерное мышление, как было указано в первой главе, формируется в деятельности, и для развития его ключевых компонентов: аналитического, проектного и технологического требуется четкая организация работы учащихся. Теоретические знания и доступ к CAD-системам не гарантируют формирование целостного инженерного подхода. Поэтому необходимо разработать материальное и электронное средство обучения, которое будет основой для инженерно-учебной деятельности и будет интегрировано в работу кружка по реверсивному инжинирингу.

1. Поиск и исследование аналогов материального средства обучения.

Аналог №1. Набор цифровых измерительных инструментов (5 предметов).



Рисунок 7. Набор цифровых измерительных инструментов

ВКР УлГУ

Профессиональный комплект цифровых измерительных инструментов для проведения различных видов измерений в производственных или лабораторных условиях. Набор ориентирован на задачи точной метрологии и контроля качества. Состав набора:

- Цифровой штангенциркуль (0-150 мм, точность ±0.02 мм);
- Цифровой нутромер (для измерения внутренних диаметров);
- Цифровой глубиномер;
- Цифровой высотомер;
- Цифровой толщиномер;
- Интерфейс RS-232 для передачи данных на ПК;
- Кейс для хранения и транспортировки.

Достоинства:

- Высокая точность измерений;
- Возможность передачи данных на компьютер для дальнейшей обработки и документирования;
- Комплексность измерений;
- Эргономичный кейс для систематизированного хранения.

Недостатки:

- Чрезмерная сложность и избыточность измерительных приборов для учебных задач подростков;
- Отсутствие учебно-методического сопровождения;
- Отсутствие объектов для исследования;
- Высокая стоимость набора (29 000 рублей);
- Отсутствие связи с творческо-проектной деятельностью, так как набор ориентирован только на контрольные измерения;
- Неадаптированный интерфейс, для которого необходимы профессиональные настройки, требующие специальных знаний;
- Нет интеграции с этапом CAD-моделирования.

Данный набор подтверждает важность точности и цифровизации измерений, которые мы берём за основу. Однако для наших педагогических

ВКР УлГУ

задач необходим адаптированный вариант с упрощённым набором инструментов (штангенциркуль, линейка), дополненным объектами для исследования, листами для эскизов и прямой связью с CAD-моделированием.

Аналог №.2 Комплект для визуального и измерительного контроля (ВИК) «Стандартный АРГО».



Рисунок 8. Комплект для визуального и измерительного контроля (ВИК) «Стандартный АРГО»

Профессиональный набор инструментов для технического контроля и метрологии, предназначенный для проведения измерений и визуального осмотра деталей на производстве или в учебных заведениях технического профиля. Состав набора:

- Штангенциркуль цифровой/нониусный;
- Набор щупов и лекальных линеек;
- Увеличительные лупы;
- Угломеры и угольники;
- Набор шаблонов (резьбовые, радиусные);
- Средства для очистки поверхностей.

Достоинства:

- Высокая точность измерительных инструментов;
- Комплексный подход к измерениям;

ВКР УлГУ

- Комплект оснащён специализированными инструментами, которые соответствуют поставленным учебным задачам.

Недостатки:

- Отсутствие объектов для анализа;
- Отсутствие адаптированных инструкций делает использование профессиональные инструменты набора сложным для самостоятельной работы учащихся тринадцати-четырнадцати лет;
- Нет связи с цифровыми технологиями;
- Отсутствие связи с творческо-проектной деятельностью, так как набор ориентирован только на контрольные измерения;
- Высокая стоимость профессионального набора (25 000 рублей).

Данный набор также обеспечивает точность измерений, однако для наших педагогических задач необходим адаптированный вариант с упрощённым набором инструментов и дополненным объектами для исследования.

Аналог №3: Комплект лабораторного оборудования «Весовые измерения».



Рисунок 9. Комплект лабораторного оборудования «Весовые измерения»

Специализированный учебный набор для проведения лабораторных работ и экспериментов по теме "Масса, вес, плотность" в рамках школьного

ВКР УлГУ

курса физики. Предназначен для освоения методов взвешивания, сравнения масс и изучения свойств различных материалов через их плотность. Состав набора:

- Весы лабораторные рычажные или электронные учебные;
- Набор гирь различной массы;
- Мензурки или мерные цилиндры;
- Набор тел разного объема из различных материалов;
- Методическое пособие с описанием лабораторных работ;
- Кейс для хранения компонентов.

Достоинства:

- Четкая учебная направленность (специализация на конкретной теме, например, на массе или плотности);
- Наличие объектов для исследования;
- Готовые структурированные методические материалы для проведения лабораторных работ;
- Соответствие школьной программе (интеграция с уроками физики);
- Безопасность и адаптация для использования в школьных условиях.

Недостатки:

- Узкая предметная направленность (может использовать только на уроках физики, без связи с инженерным проектированием);
- Отсутствие измерительных инструментов для геометрии: нет штангенциркуля, линейки для измерения размеров;
- Нет этапа творческой модернизации, работы носят только репродуктивный характер (измерить, сравнить);
- Отсутствие связи с CAD-технологиями, так как нет перехода от физического эксперимента к цифровому моделированию;
- Не формирует системного инженерного подхода (при работе с комплектом не осуществляется полный цикл от анализа до реализации);
- Не развивает пространственное мышление, не включает работу с чертежами и эскизами;

ВКР УдГУ

- Ограниченность только одним аспектом (массой), без комплексного анализа объекта.

Данный набор направлен на решение других учебных задач, обладает целостностью: он включает комплект измерительных приборов и сами объекты для анализа, однако в наборе недодаёт бланка для записи измерений.

Исходя из рассмотренных аналогов и цели моей работы, к материальному средству обучения были предъявлены следующие требования. Оно должно:

- активизировать практическую деятельность через включение всех обучающихся в учебный процесс;
- стимулировать творческие способности обучающихся;
- воздействовать на большее количество органов чувств;
- иметь простую и надежную конструкцию;
- отвечать требованиям безопасности;
- быть доступным для целевой аудитории;
- обеспечивать активное участие обучающихся в процессе;
- соответствовать возрасту и уровню развития учащихся;
- обеспечить как самостоятельную, так и командную работу;
- способствовать развитию исследовательских умений у учащихся;
- интегрироваться с этапами CAD-моделирования и творческо-проектной деятельностью.

ВКР УлГУ

Поиск и исследование аналогов электронного средства обучения.

Аналог №1: Мобильное приложение «3D Modeling App».



Рисунок 10. Мобильное приложение «3D Modeling App»

Профессиональное мобильное приложение для 3D-моделирования, скульптинга и создания цифровых прототипов. Позиционируется как инструмент для художников, дизайнеров и инженеров, поддерживающий экспорт в форматы для CAD-программ и 3D-печати.

Достоинства:

- Мощный функционал для моделирования;

- Практическая направленность;

- Мобильность и доступность;

- Поддерживает импорт/экспорт популярных форматов (OBJ), что теоретически позволяет интегрировать его в рабочий процесс.

Недостатки:

- Приложение является инструментом для создания прототипов, а не образовательным продуктом;

- Несоответствие возрасту и навыкам обучающихся;

- Не формирует системного инженерного подхода.

ВКР УлГУ

Аналог №2: Онлайн-курс «Реверс-инжиниринг» (платформа Skillbox).

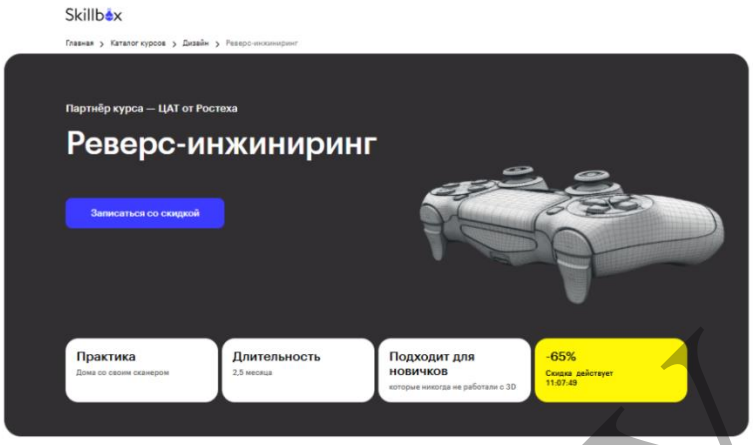


Рисунок 11. Онлайн-курс «Реверс-инжиниринг» (платформа Skillbox)

Специализированный платный онлайн-курс, направленный на профессиональное освоение технологии реверсивного инжиниринга с нуля. Включает модули по 3D-сканированию, работе с облаками точек, созданию твердотельных моделей и контролю геометрии.

Достоинства:

- Курс имеет четкую модульную структуру, видеолекции от экспертов, практические задания и итоговый проект;

- В конце обучающийся получает итоговый результат работы над сквозным проектом;

- Система обратной связи от куратора.

Недостатки:

- Курс рассчитан на профессиональную переподготовку или дополнительное образование взрослых;

- Отсутствие связи с материальными объектами;

- Фокус на репродукции, а не на творческой модернизации;

- Высокая стоимость курса, который является коммерческим продуктом, что делает его недоступным для свободного использования в рамках кружка;

- Несоответствие возрасту и навыкам обучающихся.

ВКР УлГУ

Аналог №3: Каталог онлайн-курсов «Лекториум».

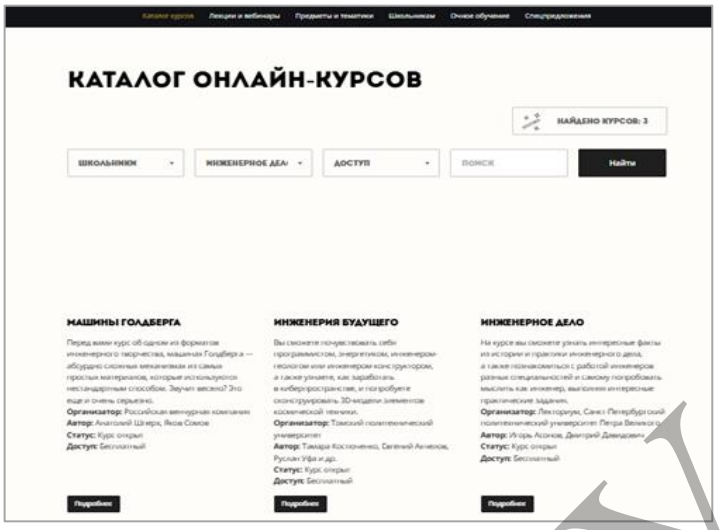


Рисунок 12. Каталог онлайн-курсов «Лекториум»

Образовательная платформа, содержащая разнообразные платные и бесплатные онлайн-курсы от различных вузов и организаций.

Достоинства:

- Целевая направленность на школьников;

- Широкий тематический охват;

- Курс имеет четкую модульную структуру, видеолекции от экспертов, практические задания и итоговый проект;

- Платформа предоставляет педагогу возможность выбирать и комбинировать курсы или их модули для поддержки разных тем занятий.

Недостатки:

- Преобладание информационной, а не деятельностной модели;

- Отсутствие методики для групповой и очной работы;

- Отсутствие целостной методологии.

Исходя из рассмотренных аналогов и цели моей работы, к электронному средству обучения были предъявлены следующие требования. Оно должно:

- Способствовать комплексному исследованию объектов, их свойств и принципов модернизации;

ВКР УлГУ

- Активизировать практическую деятельность для достижения предметного результата;

- обеспечивать активное интерактивное взаимодействие;

- Стимулировать творческие способности обучающихся;

- Способствовать решению разного уровня задач;

- Содержание должно актуальным и интересам обучающихся;

- Соответствовать программе и учебному материалу;

- Соответствовать возрасту и уровню развития учащегося;

- Обеспечить как самостоятельную, так и командную работу;

- Способствовать развитию исследовательских умений у учащихся;

- Способствовать формированию и закреплению знаний и умений;

- Быть технологически доступным и стабильным.

Мое материально средство обучения будет представлять собой набор для исследовательской деятельности с названием «Инженерный старт». Оно представляет собой комплект, на физическом уровне моделирующий начальный, аналитический этап реверсивного инжиниринга для организации практической деятельности учащихся тринадцати-четырнадцати лет в рамках кружка. Ученик совершает анализ через серию операций с реальными предметами.

Материальное средство обучения «Инженерный старт» служит основой для начала инженерно-аналитической деятельности. Его назначение заключается в обеспечении тактильного, предметного взаимодействия ученика с реальным объектом исследования. Кейс моделирует начальный - аналитический этап реверсивного инжиниринга: от физического объекта к его цифровому образу и идее модернизации.

ВКР УлГУ



Рисунок 13. Инженерный исследовательский набор «Инженерный старт»

Набор состоит из двух контейнеров: в одном из них находятся прототипы и прилагаемые к ним простые чертежи, во втором расположены инструменты для исследования.

*Объекты для анализа (прототипы): н*абор специально спроектированных и изготовленных на 3D-принтере простых объектов из PLA-пластика (кубики Сома, крест Макарова, бизиборд, спинер). Объекты обладают различной геометрической сложностью и разным функционалом.

Документационный комплект: набор листов формата А5 с готовыми контурными изображениями объектов (в трёх проекциях: вид спереди, сверху, сбоку) для каждого прототипа в количестве 7 штук для начального знакомства с чертежами (фиксация размеров, неформализованных наблюдений, вариантов модернизации, заполнение основной надписи).

Измерительные инструменты:

- Цифровой штангенциркуль 2 шт.;
- Измерительная линейка 4 шт.;
- Транспортир 2 шт.;
- Измерительная лента 1 шт.;
- Мини весы 1 шт.;

ВКР УдГУ

- Набор радиусных шаблонов;
- Увеличительная лупа 2 шт.;
- Простой карандаш 4 шт.;
- Точилка 1 шт.;
- Ластик 2 шт.;

С целью модернизации инженерного набора я решила дополнить материальное средство электронным в виде веб-платформы «Конструктор ТЗ. Цифровая лаборатория».

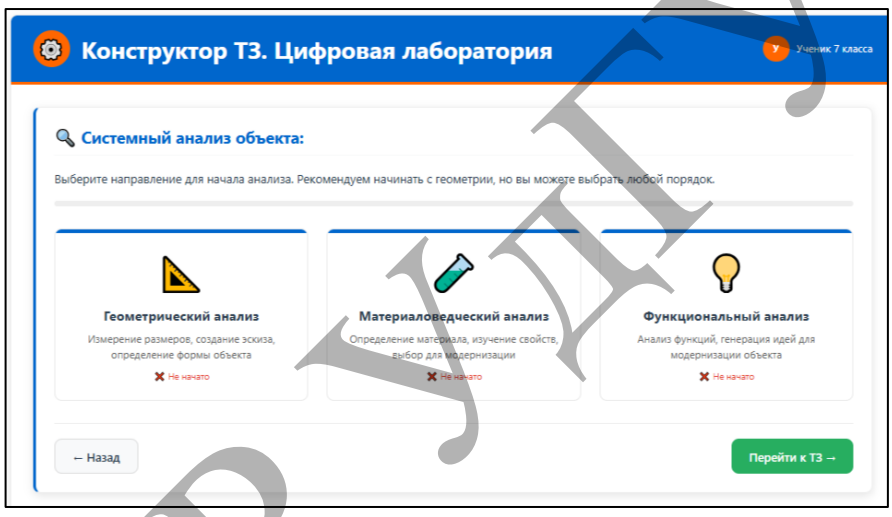


Рисунок 14. Веб-платформа «Конструктор ТЗ. Цифровая лаборатория».

Для комплексной работы на аналитическом этапе и усиления его дидактического потенциала было разработано электронное средство обучения - интерактивная веб-платформа «Конструктор ТЗ. Цифровая лаборатория». Данное средство дополняет материальный исследовательский набор «Инженерный старт», создавая цифровую среду для структурирования деятельности учащегося.

Назначение платформы заключается в организации и сопровождении начального - аналитического этапа инженерного цикла. Если материальный набор предоставляет инструменты для физического взаимодействия с объектом, то платформа выполняет роль проводника и помощника: она систематизирует сбор данных, стимулирует аналитическое мышление через

ВКР УлГУ

наводящие вопросы и подсказки, помогает сформулировать идеи модернизации. Ключевым результатом работы на платформе является автоматическая генерация итогового документа (Технического Задания), которое служит руководством для следующего этапа проектирования модели

Интерфейс веб-платформы «Конструктор ТЗ. Цифровая лаборатория» разделён на логические блоки:

- *Стартовый экран и выбор объекта*.

- *Центр управления и навигация* позволяет переключаться между тремя основными ветками анализа (геометрический анализ, материальный анализ, функциональный анализ и генерация идей).

- *Блок геометрического анализа* направляет ученика при снятии размеров с помощью измерительных инструментов: предоставляет форму для внесения размеров, дает пояснение как обозначается тот или иной размер в эскизе.

- *Блок материаловедческого анализа* организует тактильное и визуальное исследование материала объекта. На основе введённых наблюдений платформа предлагает выбрать наиболее подходящий материал из базы знаний, где каждый вариант сопровождается описанием свойств и рекомендациями по использованию.

- *Блок функционального анализа* и генерации идей помогает ученику определить основную и вспомогательные функции объекта. Затем ученик выявляет недостатки, мешающие объекту выполнять свою функцию, и формулирует техническую задачу. Ключевой элемент - инструмент генерации идей: платформа предлагает выбрать тип технической проблемы, которую нужно решить.

- *Блок формирования Технического Задания* (ТЗ) является итоговым модулем. Платформа автоматически объединяет все введённые данные в структурированный документ - Техническое Задание. Этот документ содержит конкретные параметры для воссоздания и модификации объекта в CAD-программе и может быть распечатан или сохранён в цифровом виде.

ВКР УдГУ

Таблица 2.2.

Этапы разработки материального и электронного средств обучения.

№	Название этапа	Содержание работы (для материального набора «Инженерный старт»)	Содержание работы (для веб-платформы «Конструктор ТЗ»)
1.	Анализ и проектирование	Исследование и сравнение существующих измерительных наборов и лабораторных наборов. Формирование требований к составу набора и дидактической цели.	Анализ образовательных платформ. Формирование структуры, логики работы и пользовательского интерфейса будущей платформы.
2.	Разработка компонентов	1. 3D-моделирование прототипов для анализа. 2. Поиск подходящего кейса и подбор измерительных инструментов. 3. Разработка макета рабочего бланка.	1. Создание макетов основных экранов. 2. Разработка интерфейса и логики ветвления. 3. Разработка содержания каждого уровня.
3.	Производство и сборка	1. Изготовление финальных версий прототипов для анализа на 3D-принтере. 2. Сборка, оформление набора и комплектация инструментов. 3. Печать рабочих бланков. 4. Финальная сборка всех компонентов в единый набор.	1. Написание программного кода для основных экранов. 2. Написание программного кода для всех модулей платформы.
4.	Тестирование и доработка	Апробация набора в учебных условиях: проверка эргономики, безопасности и доступности для учащихся и доработка недостатков.	Тестовый запуск платформы: проверка корректности работы всех блоков через тестирование 2 учащихся, генерация ТЗ, удобства навигации и доработка недостатков – коррекция ссылок на изображение, доработка кода по дизайну платформы, редактирование текстового содержания.

ВКРУДГУ

Принцип совместной работы материального набора и веб-платформы.

Работа учащихся с разработанными средствами обучения выстроена как единый последовательный процесс, в котором материальный набор и цифровая платформа тесно взаимосвязаны. Средства обучения используются на первых двух этапах инженерного цикла - исследование объекта и генерация идей модернизации.

Ученик начинает работу с первого этапа инженерной деятельности - исследование объекта. Учащийся открывает веб-платформу, выполняя последовательно шаги, осуществляет исследование. Сначала необходимо заполнить личные данные, после чего выбирается физический объекта из набора «Инженерный старт». Используя инструменты для исследования, учащийся проводит анализ объекта: снимает размеры, изучает физические характеристики и функции, фиксирует размеры на чертеже. Полученные входные данные учащиеся сразу вносят на веб-платформу «Конструктор ТЗ». После внесения требуемых характеристик объекта, платформа систематизирует полученную информацию.

Второй этап также реализуется с помощью средств обучения. Платформа требует внести информацию о недостатках выбранного объекта, помогает учащемуся в выборе направления модернизации. На основе введённых данных платформа автоматически формирует Техническое Задание (ТЗ) - опорный документ для дальнейшей работы. ТЗ определяет, что именно нужно сделать, фиксирует параметры исходного объекта, задаёт направление модернизации и содержит требования к конечному результату. Это позволяет перейти от анализа к проектированию с чётким пониманием цели. С этим ТЗ ученик переходит к третьему этапу - созданию цифровой модели модернизированного объекта в CAD-системе.

Таким образом, каждое практическое действие с объектом переходит в цифровое оформление и проектирование, обеспечивая целостный и структурированный инженерный цикл от анализа до постановки задачи.

ВКР УлГУ

Выводы по главе

1. Содержательной и структурной основой разработанной педагогической технологии стала модернизированная дополнительной общеобразовательной программы «Реверсивный инжиниринг». Её адаптация для учащихся тринадцати-четырнадцати лет заключается в добавлении задачи по формированию компонентов инженерного мышления, структурно-логическую перестановку разделов, исключение избыточно сложных тем и перераспределение часов в пользу проектной деятельности.

2. Разработанная нами педагогическая технология представляет собой модель, интегрирующую системно-деятельностный, проблемно-поисковый и когнитивно-деятельностный подходы, будет эффективна, если использовать:

- на этапе исследования физического объекта разработанные средства обучения - набор «Инженерный старт» и веб-платформу «Конструктор ТЗ» с методами исследовательских заданий и когнитивного картирования;

- на этапе генерации идей методы мозгового штурма, когнитивного картирования и средства обучения - набор «Инженерный старт» и веб-платформу «Конструктор ТЗ»;

- на этапе создания 3D-модели метод проектного моделирования в CAD-среде и метод технологических кейсов;

- на этапе печати прототипа метод проектного моделирования;

- на этапе тестирования методы проблемного обучения и метод технологических кейсов.

3. Разработанные нами средства обучения - материальный набор «Инженерный старт» и веб-платформа «Конструктор ТЗ» являются ключевым инструментарием технологии. Их взаимосвязанное применение структурирует аналитический этап, преобразуя практическое исследование объекта в цифровое задание, что активизирует познавательную активность учащихся и создаёт основу для формирования инженерного мышления

ВКР.УлГУ

3. ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РАБОТА

3.1. Методика проведения опытно-экспериментальной работы по формированию основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке «Реверсивный инжиниринг»

Проверка эффективности разработанной педагогической технологии (см. п. 2.2) и созданных средств обучения (см. п. 2.3) требует организации опытно-экспериментальной работы, в ходе которой будет проведена диагностика уровня сформированности основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет до и после внедрения технологии на занятиях в кружке « Реверсивный инжиниринг».

Цель опытно-экспериментальной работы - проверить эффективность разработанной педагогической технологии в формировании основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке « Реверсивный инжиниринг».

Для проведения эксперимента были поставлены следующие **задачи:**

1. Выбрать диагностический инструментарий для оценки уровня сформированности основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет.
2. Определить контрольную и экспериментальную группы.
3. Провести первичную диагностику уровня сформированности основ инженерного мышления контрольной и экспериментальной групп.
4. Внедрить и реализовать разработанную педагогическую технологию в образовательный процесс кружка.
5. Провести итоговую диагностику контрольной и экспериментальной групп по определению уровня сформированности основ инженерного мышления.

ВКР УдГУ

6. Проанализировать и интерпретировать полученные результаты контрольной и экспериментальной групп методами математической статистики, подтвердив или опровергнув гипотезу.

Гипотеза исследования: внедрение новой педагогической технологии будет способствовать формированию основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке « Реверсивный инжиниринг».

Объектом исследования являются результаты уровня сформированности основ инженерного мышления учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке « Реверсивный инжиниринг».

Участниками эксперимента выступают все участники образовательного процесса: учащиеся, педагог-исследователь, эксперты, оценивающие динамику по карте показателей.

Экспериментальной и контрольной группами для исследования были выбраны учащиеся 7-х классов, занимающиеся в кружке по реверсивному инжинирингу на базе Центра дополнительного образования детей ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет». Общее количество респондентов, давших согласие участвовать в эксперименте, составило 22 человека:

- Экспериментальная группа (ЭГ) - 11 учащихся (МБОУ №52), в учебном процессе которых реализовывалась разработанная педагогическая.

- Контрольная группа (КГ) - 11 учащихся (МБОУ №8), которые занимались по исходной программе кружка «Реверсивный инжиниринг».

Все участники эксперимента - учащиеся тринадцати-четырнадцати лет. Обучение в обеих группах проходило в одинаковых временных рамках (второе полугодие 2025/2026 учебного года) и с одинаковой общей нагрузкой (23 часа на модуль «Реверсивный инжиниринг»).

ВКР УдГУ

Диагностическим материалом для определения уровня сформированности инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях кружка были выбраны следующие методики:

1. Карта показателей сформированности основ инженерного мышления (авторская разработка на основе наблюдения).
2. Тест механической понятливости Беннета (адаптация Г. В. Резапкиной) [40].
3. Тест диагностики креативности Торренса (адаптация Е. Туник).

Рассмотрим каждую методику подробнее [50].

1. Карта показателей сформированности основ инженерного мышления.

Цель: выявить уровень сформированности компонентов инженерного мышления: аналитико-исследовательского, проектно-конструкторского, технологического, оценочно-критического у учащихся тринадцати-четырнадцати лет в процессе выполнения проектных заданий по реверсивному инжинирингу.

1.Карта показателей сформированности основ инженерного мышления позволяет оценить все четыре компонента в динамике в ходе выполнения учащимися проектных заданий. Педагогическое наблюдение даёт возможность зафиксировать проявление каждого компонента на соответствующем этапе технологического цикла.

Карта заполняется педагогом на основе метода педагогического наблюдения в ходе выполнения учащимися этапов технологического цикла: анализ объекта, генерация модернизации, CAD-моделирование, реализация объекта и тестирование прототипа. Каждый этап (столбец таблицы) соотносится с определенным компонентом инженерного мышления и набором конкретных умений, проявляющихся в деятельности. Оценка производится по трёхбалльной шкале:

ВКР УлГУ

3 балла - умение проявляется устойчиво: учащийся выполняет действие самостоятельно и без ошибок, демонстрирует полный цикл инженерной деятельности от анализа объекта до формулировки выводов по проекту.

2 балла - умение проявляется неустойчиво: учащийся нуждается в незначительной помощи педагога или сверстников; допускаются отдельные неточности; идея модернизации строится по аналогии, выводы носят общий характер.

1 балл - умение не сформировано: учащийся не справляется с действием даже при помощи педагога, выполняет задания только с постоянной поддержкой и пошаговым руководством.

На основе суммы баллов, полученных учащимися по завершению проекта, определяется уровень сформированности основ инженерного мышления:

- Высокий уровень (13–15 баллов): обучающийся уверенно сможет провести полный анализ объекта, используя инженерный набор; на основе этого анализа без затруднений сможет найти недостаток объекта, сформулировать техническую задачу и сгенерировать идею модернизации, создать его простой чертеж, цифровую 3D-модель и подготовить ее к печати; самостоятельно сможет провести тестирование, критический разбор результата и сформулировать выводы по проекту.

- Средний уровень (8–12 баллов): обучающийся сможет провести анализ объекта с помощью педагога; анализ может содержать неточности; выявить недостаток объекта с помощью педагога, сформулировать задачу по его устранению при поддержке учителя; идея модернизации строится по аналогии; обучающийся сможет создать простой чертеж, в 3D-модели возможны ошибки, подготовка файла к печати осуществляется с консультацией педагога; тестирование прототипа и выводы носят общий характер.

ВКР УлГУ

- Низкий уровень (5–7 баллов): обучающийся сможет провести анализ объекта с постоянной помощью педагога; педагог указывает на недостаток, формулирует задачу по его устранению; обучающийся не сможет сформулировать собственную идею модернизации без прямой помощи педагога, сможет создать простой чертеж и 3D-модель с пошаговым руководством; обучающийся не способен к самостоятельной оценке результата.

Для оценки сформированности умений инженерного мышления в рамках педагогического наблюдения выделены пять этапов технологического цикла, каждый из которых соотносится с определённым компонентом и набором диагностируемых умений.

На первом этапе выявляется аналитико-исследовательский компонент инженерного мышления: в ходе работы с материальным набором «Инженерный старт» у учащихся оценивается умение анализировать объект, выделять его основную и вспомогательные функции, определять материал его изготовления, корректно снимать размеры с помощью измерительных инструментов, фиксировать полученные данные на бланке эскиза, а также делать предварительные выводы о конструкции и возможных недостатках.

Второй этап направлен на определение уровня проектно-конструкторского компонента. На данном этапе оценивается способность учащегося на основе проведённого анализа формулировать идею модернизации и создавать простой чертёж модернизированного объекта.

Третий этап также направлен на оценку проектно-конструкторского компонента. У учащихся проверяется способность строить цифровую 3D-модель в CAD-системе в соответствии с разработанным эскизом и технологически подготовить ее к печати.

Четвёртый этап позволяет оценить технологический компонент. Проверяются умения учащегося контролировать процесс 3D-печати и выполнять постобработку готового прототипа.

ВКР УлГУ

На пятом этапе рассматривается оценочно-критический компонент. Завершающим звеном технологического цикла выступает проверка полученного результата, в ходе которой диагностируется умение учащегося проводить функциональное тестирование полученного прототипа, сравнивать его свойства с исходным объектом и техническим заданием, анализировать причины возможных расхождений между замыслом и результатом, а также формулировать аргументированные выводы по итогам проекта.

Важно отметить, что в ходе эксперимента деятельность учащихся в экспериментальной группе направлена не на произвольное изменение объекта, а на решение конкретных инженерных задач. Каждый проект начинался с анализа недостатков объекта и формулировки технической задачи, а завершался проверкой того, устранён ли выявленный недостаток в рамках заданных ограничений.

Форма для фиксирования данных при наблюдении за этапами выполнения учащимися этапов технологического цикла представлена в виде таблицы в ПРИЛОЖЕНИИ В.

2. Тест механической понятливости Беннета (адаптация Резапкиной Г. В.).

Цель оценить уровень сформированности аналитико-исследовательского и начальных проектно-конструкторских умений, входящих в структуру инженерного мышления: способность понимать физические принципы работы механизмов, читать технические чертежи и схемы, анализировать взаимодействие деталей, прогнозировать результат их работы, а также мысленно воссоздавать объёмные образы по плоским изображениям.

Данная методика широко используется в профориентации и инженерной педагогике для диагностики пространственного и технического мышления. В адаптации Г.В. Резапкиной представлена сокращённая версия

ВКР УлГУ

теста, включающая 30 заданий (вместо 70 в полном оригинале), каждое из которых представляет собой рисунок технического устройства или ситуации, сопровождаемый кратким вопросом. Сокращение количества заданий выполнено автором адаптации с целью уменьшения времени тестирования, упрощения формулировок и изображений для более лёгкого восприятия, а также для направленной оценки «технического склада ума». Такой подход делает методику оптимально соответствующей возрастным особенностям учащихся тринадцати-четырнадцати лет.

Данный тест мы используем для диагностики аналитико-исследовательского и частично проектно-конструкторского компонентов инженерного мышления. Он оценивает способность учащегося понимать принципы работы механизмов, читать технические чертежи и схемы, анализировать взаимодействие деталей, прогнозировать результат их работы. Эти умения лежат в основе аналитического этапа реверсивного инжиниринга, где требуется определить параметры, функции и причинно-следственные связи объекта. Кроме того, задания теста требуют от учащегося умения «читать» графическую информацию и мысленно воссоздавать объёмные образы по плоским изображениям. Это непосредственно связано с этапом генерации идей, когда учащийся должен зарисовать свою идею модернизации в виде эскиза или простого чертежа.

За каждый правильный ответ начисляется 1 балл. Максимальная сумма баллов - 30. На основе нормативных данных, представленных в адаптации Г.В. Резапкиной, выделяются уровни сформированности технического мышления (Таблица 3.1.).

ВКР УлГУ

Таблица 3.1.

Уровни сформированности технического мышления

Уровень	Баллы	Характеристика
Высокий	25–30	Учащийся демонстрирует отличное понимание технических систем, легко анализирует механические взаимодействия.
Выше среднего	19–24	Учащийся хорошо понимает принципы работы механизмов, допускает незначительные ошибки в сложных конфигурациях.
Средний	13–18	Учащийся понимает основные принципы работы механизмов, но может испытывать затруднения в нетипичных ситуациях.
Ниже среднего	7–12	Учащийся допускает значительное количество ошибок, техническое мышление развито недостаточно.
Низкий	0–6	Учащийся испытывает серьёзные трудности при анализе технических объектов, пространственное и техническое мышление не сформировано.

Тест и правильные ответы к заданиям теста приведены в ПРИЛОЖЕНИИ Г.

3. Тест диагностики креативности Торренса (адаптация Е. Туник)

Цель оценить уровень сформированности проектно-конструкторского компонента инженерного мышления: способность генерировать оригинальные идеи, видеть альтернативные способы решения задач, проявлять творческое мышление.

В исследовании использовалась невербальная (образная) батарея теста Торренса Е. в адаптации Туник Е.Е. Данная часть методики позволяет диагностировать проектно-конструкторский компонент инженерного мышления через создание оригинальных изображений на основе предложенных картинок, что особенно важно для оценки способности к пространственному воображению и поиску нестандартных решений, что необходимо в инженерно-конструкторской деятельности. Тест Торренса оценивает способность учащегося генерировать оригинальные идеи, что напрямую соответствует этапу проектирования модернизации, когда

ВКР УлГУ

необходимо предложить новый вариант объекта и отобразить его в виде эскиза или чертежа. Адаптация теста Туник Е.Е. включила культурно-языковую переработку стимульного материала и инструкций, модификацию системы оценки за счет добавления показателя «точность», стандартизацию теста на российской выборке с разработкой возрастных нормативов и создание подробного методического руководства.

Невербальная часть состоит из трёх субтестов:

«Создание рисунка»: учащемуся предлагается цветной овал, который необходимо наклеить на лист бумаги и дорисовать так, чтобы получился оригинальный рисунок. Задание стимулирует воображение и умение увидеть в неопределённой форме основу для творческого замысла.

«Незаконченные фигуры»: тест содержит десять незаконченных фигур (стимульных изображений), которые учащийся должен дорисовать, превратив каждую в осмысленный рисунок. Субтест направлен на преодоление стереотипного завершения фигуры и развитие способности к креативному мышлению.

«Повторяющиеся линии»: в оригинальной адаптации Туник Е.Е. субъект «Повторяющиеся линии» содержит 30 пар параллельных линий, служащих стимульным материалом для создания рисунков. В рамках исследования использовался сокращённый вариант данного субтеста, включающий 10 пар линий, что обусловлено необходимостью соблюдения временных рамок диагностической процедуры и снижения когнитивной нагрузки на учащихся тринадцати-четырнадцати лет. Сокращение количества стимулов не меняет содержательной сущности задания, так как каждая пара линий выступает основой для создания самостоятельного изображения. Применение сокращённой версии позволяет получить достоверные данные о развитии творческого мышления подростков в условиях кружковой деятельности без потери информативности методики.

Оценка результатов производится в соответствии с руководством Туник Е.Е. по следующим показателям:

ВКР УлГУ

- Беглость – количество созданных рисунков, отвечающих условиям задания. Подсчитывается суммарно во втором и третьем субтестах. Каждый адекватный рисунок приносит 1 балл, неадекватные (абстракции, повторения) не учитываются.

- Оригинальность - редкость и нестандартный подход в каждом субтесте. Для каждого стимульного изображения существуют списки часто встречающихся (банальных) ответов, которые оцениваются в 0 баллов, все остальные ответы получают 1 балл. Дополнительные баллы начисляются за объединение нескольких стимулов в одном рисунке (единый рисунок, последовательный сюжет или общее название).

- Разработанность – степень детализации рисунка в каждом тесте. Каждая значимая деталь (дополнительные элементы, штриховка, украшения, проработка частей объекта) приносит 1 балл. При наличии нескольких одинаковых предметов один балл начисляется за идею их множественности.

- Абстрактность названий - уровень обобщения, выраженный в названии рисунка, оценивается в первом и втором субтестах по шкале от 0 до 3 баллов.

- Сопротивление замыканию - способность избегать простого завершения незаконченных фигур оценивается только во втором субтесте по шкале от 0 до 2 баллов.

Тест, стимульный материал, бланки ответов, инструкции к тесту и технологи обработки результатов приведены в ПРИЛОЖЕНИИ Д.

ВКР УлГУ

3.2. Проведение опытно-экспериментальной работы

Диагностическое исследование уровня сформированности основ инженерного мышления мы провели на базе кружка по реверсивному инжинирингу. В эксперименте участвовали учащиеся тринадцати-четырнадцати лет - всего 22 человека. Мы сформировали две группы: экспериментальную (ЭГ) и контрольную (КГ), по 11 человек в каждой. С

ребятами из экспериментальной группы работа велась по модернизированной программе и с использованием разработанных средств обучения - набора «Инженерный старт» и веб-платформы «Конструктор ТЗ». А в контрольной группе занятия шли по исходной программе «Реверсивный инжиниринг» (автор А.И. Опарин) [34] без изменений.

Эксперимент состоял из начальной и итоговой диагностики. На первом занятии мы проверили исходный уровень сформированности основ инженерного мышления у всех участников. Для этого использовали две диагностических инструмента:

Тест механической понятливости Беннета (адаптация Г.В. Резапкиной). Этот тест показывает, насколько у школьника развито техническое мышление, умение читать чертежи и понимать работу простых механизмов [40].

Тест диагностики креативности Торренса (невербальная часть, адаптация Е. Туник). Он позволяет оценить творческое мышление, способность придумывать оригинальные идеи и видеть разные способы решения задачи [50].

В экспериментальной и контрольной группах на начальной и конечной диагностике присутствовало разное количество учащихся в связи с пропуском занятий по болезни, подготовкой к всероссийским проверочным работам и семейным обстоятельствам. В итоге, с контрольной и экспериментальной группе полноценная диагностика была проведена с 12 учащимися (по 6 учащихся в каждой группе). Результаты диагностик будут представлены только по тем учащимся, которые проходили оба этапа тестирования. Данные представлены в таблицах и диаграммах ниже.

ВКР УдГУ

Таблица 3.2.

Результаты диагностики Теста механической понятливости Беннета (адаптация Г.В. Резапкиной) до и после эксперимента в экспериментальной группе

ФИО	до	Уровень сформированности	после	Уровень сформированности
Иванов И. А.	22	Выше среднего	24	Выше среднего
Лашкарбеков Р. Р.	20	Выше среднего	21	Выше среднего
Маврицов М. А.	17	Средний	21	Выше среднего
Парамонов В. А.	19	Выше среднего	27	Высокий
Погудина А. В.	19	Выше среднего	23	Выше среднего
Черепанов И. К.	16	Средний	18	Средний

Результаты, представленные в таблице 3.2, показывают положительную динамику в экспериментальной группе по тесту механической понятливости Беннета. У всех шести учащихся либо сохранился высокий показатель, либо он вырос. Результаты диагностики отображены в диаграмме «Результаты диагностики до и после эксперимента».

ВКР УлГУ

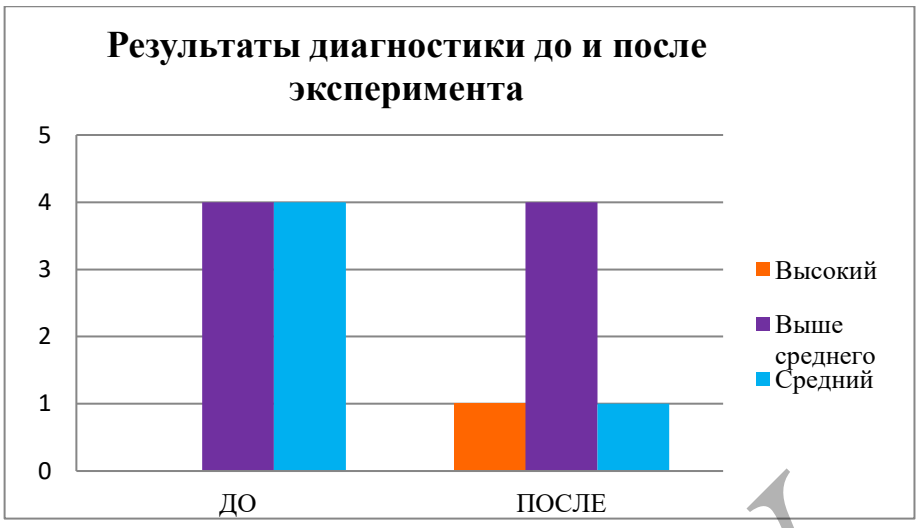


Диаграмма 1. Теста механической понятливости Беннета (адаптация Г.В. Резапкиной) до и после эксперимента в экспериментальной группе

Таблица 3.3.

Результаты диагностики Теста механической понятливости Беннета (адаптация Г.В. Резапкиной) до и после эксперимента в контрольной группе

ФИО	до	Уровень сформированности	после	Уровень сформированности
Ожегов А.	16	Средний	16	Средний
Пасынкова В.	21	Выше среднего	22	Выше среднего
Богданов Т.	25	Высокий	25	Высокий
Копытов М.	25	Высокий	24	Выше среднего
Ложнин А.	25	Высокий	23	Выше среднего
Бекчанов И.	19	Выше среднего	19	Выше среднего

Результаты, представленные в таблице 3.3, показывают, что в контрольной группе значимой положительной динамики по тесту Беннета не произошло. У троих учащихся показатели остались в границах того же уровня. У двоих ребят были зафиксированы даже небольшое снижение: они перешли с высокого уровня на уровень выше среднего. Только у Богданова Т. результат остался стабильно высоким (25 баллов).

ВКР УдГУ



Диаграмма 2. Результаты диагностики Теста механической понятливости Беннета (адаптация Г.В. Резапкиной) до и после эксперимента в контрольной группе

ВКР УДГУ

Таблица 3.4.

Результаты диагностики Теста диагностики креативности Торренса (невербальная часть, адаптация Е. Туник) до и после эксперимента в экспериментальной группе

ФИО	беглость		оригинальность		разработанность		абстрактность названия		сопротивление замыканию	
	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после
Иванов И. А.	16	16	12	12	10	10	3	3	7	7
Лашкарбеков Р. Р.	10	12	4	5	5	6	0	1	4	6
Маврицов М. А.	11	16	2	2	4	6	0	1	2	6
Парамонов В. А.	16	16	9	10	7	9	2	3	6	6
Погудина А. В.	16	16	11	13	9	11	2	4	10	13
Черепанов И. К.	16	15	7	9	8	8	0	0	7	7

Примечание: максимальное значение шкалы «беглость» - 16.

ВКР УлГУ

Таблица 3.5.

Результаты диагностики Теста диагностики креативности Торренса (невербальная часть, адаптация Е. Туник) до и после эксперимента в контрольной группе

ФИО	беглость		оригинальность		разработанность		абстрактность названия		сопротивление замыканию	
	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после
Ожегов А.	15	16	7	6	7	7	1	1	8	6
Пасынкова В.	16	16	14	8	7	6	0	0	15	10
Богданов Т.	16	16	7	9	7	9	1	0	9	6
Копытов М.	16	11	8	4	9	7	3	0	15	14
Ложнин А.	16	16	7	6	7	9	0	2	9	10
Бекчанов И.	16	16	12	6	7	6	0	0	12	8

ВКР УлГУ

Красным цветом в Таблице 3.5. выделены показатели, которые улучшились, зеленым – которые ухудшились. В экспериментальной группе после занятий по нашей модернизированной программе мы зафиксировали положительную динамику по большинству показателей: повысились оригинальность идей, детализация рисунков, абстрактность названий и способность избегать шаблонных решений. Особенно заметно выросли показатели по шкале «сопротивление замыканию», что говорит о развитии гибкости мышления у учащихся.

В контрольной группе, напротив, значимой положительной динамики не произошло. У большинства участников показатели либо остались на прежнем уровне, либо снизились по таким шкалам, как оригинальность, разработанность и сопротивление замыканию.

После того как мы провели начальную диагностику, переходим к основной части эксперимента, где каждая группа выполнила сквозные проекты по реверсивному инжинирингу. В экспериментальной группе мы целенаправленно применяли отобранные методы (проектное моделирование, исследовательские задания, когнитивное картирование, технологические кейсы) и средства обучения. В контрольной группе занятия велись в обычном режиме.

Для контроля и диагностики формирования инженерного мышления использовалась **Карта показателей сформированности основ инженерного мышления** (авторская разработка на основе педагогического наблюдения). С её помощью мы оценивали четыре компонентов: аналитико-исследовательский, проектно-конструкторский, технологический и оценочно-критический, каждый из которых реализуется на определенном этапе работы.

В экспериментальной группе на начальной и конечной диагностике присутствовало разное количество учащихся. Результаты наблюдений также будут представлены только по тем учащимся, которые проходили оба этапа тестирования.

ВКР УлГУ

Таблица 3.6.

Результаты наблюдения посредством диагностической карты показателей сформированности основ инженерного мышления (авторская разработка на основе педагогического наблюдения)

уровень задания	первый		**Название объекта**		кубики Сома		уровень
ФИО	Анализ	Генерация идеи	Моделир-е	Реализация	Тестирование, анализ	ИТОГО	
Иванов И. А.	1	1	1	2	2	7	низкий
Лашкарбеков Р. Р.	3	3	2	1	1	10	средний
Маврицов М. А.	1	1	1	1	1	5	низкий
Парамонов В. А.	1	1	1	2	1	6	низкий
Погудина А. В.	1	3	2	2	2	10	средний
Черепанов И. К.	2	2	1	1	1	7	низкий
уровень задания	второй		**Название объекта**		бизиборд		уровень
ФИО	Анализ	Генерация идеи	Моделир-е	Реализация	Тестирование, анализ	ИТОГО	
Иванов И. А.	3	3	3	2	3	14	высокий
Лашкарбеков Р. Р.	2	3	3	2	3	13	высокий
Маврицов М. А.	2	2	2	2	2	10	средний
Парамонов В. А.	2	2	2	2	3	11	средний
Погудина А. В.	3	3	3	2	3	14	высокий
Черепанов И. К.	3	3	2	2	3	13	высокий

ВКР УдГУ

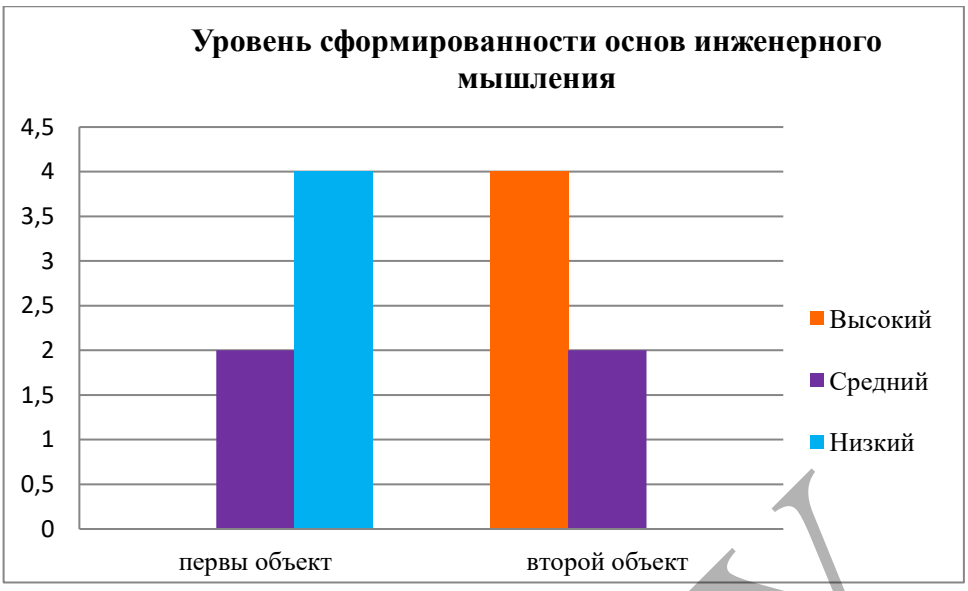


Диаграмма 3. Результаты наблюдения посредством диагностической карты показателей сформированности основ инженерного мышления (авторская разработка на основе педагогического наблюдения)

3.3. Обработка и анализ полученных данных

Для оценки значимости изменений, произошедших в уровне сформированности основ инженерного мышления, мы использовали два непараметрических критерия: критерий Вилкоксона (для внутригруппового сравнения «до» и «после») и критерий Манна–Уитни (для межгруппового сравнения величины сдвига между экспериментальной и контрольной группами). Выбор непараметрических критериев обусловлен тремя причинами:

- **Малый объём выборок** (n=6 в каждой группе), при котором проверка нормальности распределения малоинформативна, а параметрические критерии (например, t-критерий) могут давать ненадёжные результаты [30, 43].

- **Порядковый характер шкал** тестов Беннета и Торренса (стандартизированные методики) не гарантирует строгой интервальности данных [44].

ВКР УдГУ

- **Наличие выбросов и асимметрии** в разностях (особенно в контрольной группе) также склоняет выбор в пользу непараметрических аналогов [49].

Применённые методы:

- Для внутригруппового сравнения («до» - «после») - критерий Вилкоксона. Он позволяет оценить, значимо ли изменились показатели в каждой группе отдельно, не требуя нормальности распределения разностей.

- Для межгруппового сравнения величины сдвига (разность «после» – «до») - критерий Манна-Уитни. Он проверяет, различается ли распределение приростов между экспериментальной (ЭГ) и контрольной (КГ) группами.

Критерий **Вилкоксона** (внутригрупповое сравнение) применяется отдельно для экспериментальной группы и отдельно для контрольной, чтобы проверить, изменились ли показатели после занятий. Для анализа и подсчёта были выдвинуты следующие гипотезы:

H_0: сдвиг показателей в группе отсутствует (различия между результатами «до» и «после» случайны, медианы равны).

H_1: сдвиг показателей в группе присутствует (результаты «после» значимо отличаются от результатов «до»).

Критерий **Манна-Уитни** (межгрупповое сравнение) применяли для сравнения величины прироста (разности «после» минус «до») между экспериментальной и контрольной группами. Для анализа и подсчёта были выдвинуты следующие гипотезы:

H_0: распределение приростов в экспериментальной группе не отличается от распределения приростов в контрольной группе.

H_1: распределение приростов в экспериментальной группе значимо выше, чем в контрольной группе.

Уровень значимости принят p=0,05 (двусторонний). Для малых выборок использовались точные таблицы критических значений [30, 46].

- $T_{эмп}$- эмпирическое значение критерия Вилкоксона (сумма рангов реже встречающегося знака).

ВКР УлГУ

-т$U_{эмп}$ - эмпирическое значение критерия Манна–Уитни (меньшая из двух сумм рангов).

- p - достигнутый уровень значимости (точный для малых выборок).

Результаты анализа по тесту Беннета (адаптация Резапкиной Г.В.) [40] до и после эксперимента представлены в таблице.

Таблица 3.7.

Сравнение результатов экспериментальной и контрольной групп по критерию Беннета до и после эксперимента.

Группа	Среднее «до»	Среднее «после»	Критерий Вилкоксона	Значимость
ЭГ	18,83	22	$T_{эксп}$= 0, p≤0,05	✓
КГ	21,83	21,50	$T_{эксп}$= 1,5, p≤0,05	✗

Примечание: для n=6 критическое значение $T_{крит}$= 0; p≤0,05.

Таблица 3.8.

Межгрупповое сравнение сдвигов высчитываем по критерию Манна-Уитни.

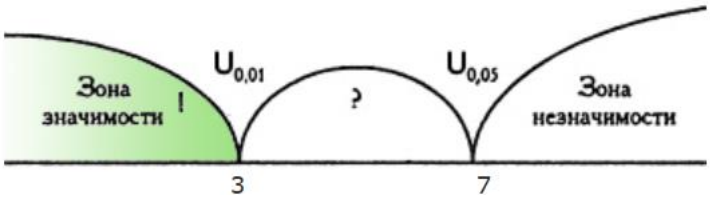
№	Выборка 1	Ранг 1	Выборка 2	Ранг 2
1	2	8.5	0	4
2	1	6.5	1	6.5
3	3	10	0	4
4	8	12	-1	2
5	4	11	-2	1
6	2	8.5	0	4
Суммы:		56.5		21.5

Результат: $U_{Эмп}$ = 0.5

$U_{Кр}$	
p≤0.01	p≤0.05
3	**5**

ВКР УдГУ

Ось значимости:



5

Полученное эмпирическое значение $U_{эмп}(0.5)$ находится в зоне значимости. Различия статистически значимы.

Результаты статистического анализа по тесту Торренса (невербальная часть, адаптация Е. Туник) [50] представлены ниже в таблице 3.9 с эмпирическими значениями критериев и уровнями значимости. Для внутригрупповых сравнений «до» - «после» использован *критерий Вилкоксона (Т).* Для межгруппового сравнения величины сдвига (ЭГ и КГ) использован *критерий Манна–Уитни (U)* [45]. Уровень значимости p=0,05.

Таблица 3.9.

Внутригрупповые изменения (критерий Вилкоксона)

Шкала	Экспериментальная группа (n=6)	Контрольная группа (n=6)
Беглость	*Т*эмп=1, p≤0,05	Тэмп=6; p≤0,05
Оригинальность	*Т*эмп=0, p≤0,05	Тэмп=3; p≤0,05
Разработанность	Тэмп=0; p≤0,05	Тэмп=8; p≤0,05
Абстрактность названия	Тэмп=0; p≤0,05	Тэмп=5; p≤0,05
Сопротивление замыканию	Тэмп=0; p≤0,05	Тэмп=8; p≤0,05

Примечание: для n=6 критическое значение $T_{крит}$= 0; p≤0,05). Значимые различия внутри ЭГ - по всем шкалам, кроме беглости; внутри КГ

ВКР УдГУ

значимых изменений нет. В качестве примера рассмотрим шкалу оригинальности в контрольной группе.

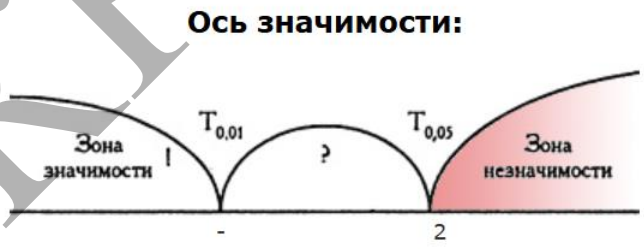
Таблица 3.10.

Обработка шкалы «Оригинальность» в контрольной группе

N	"До"	"После"	Сдвиг ($t_{после}$ - $t_{до}$)	Абсолютное значение сдвига	Ранговый номер сдвига
1	7	6	-1	1	1.5
2	14	8	-6	6	5.5
3	7	9	2	2	3
4	8	4	-4	4	4
5	7	6	-1	1	1.5
6	12	6	-6	6	5.5
Сумма рангов нетипичных сдвигов:					**3**

Результат: $T_{Эмп}$ = 3

n	$T_{Кр}$	
	0.01	0.05
6	-	**2**



ВКР УлГУ

Таблица 3.11.

Межгрупповое сравнение сдвигов (критерий Манна–Уитни)

Шкала	Uэмп	Уровень значимости p
Беглость	15	p≤0,05
Оригинальность	5	p≤0,05
Разработанность	10	p≤0,05

Шкала	Uэмп	Уровень значимости p
Абстрактность названия	8.5	p≤0,05
Сопротивление замыканию	3	p≤0,05

Критическое значение $U_{крит}$ для n1=n2=6 при p≤0,05 равно **5.**

В качестве примера межгруппового сравнения рассмотрим шкалу беглости. При условии $U_{крит} = 5$ шкала беглости находится в зоне незначимости.

Таблица 3.12.

Обработка шкалы «Беглость» при межгрупповом сравнении

№	Выборка 1	Ранг 1	Выборка 2	Ранг 2
1	0	4	1	8.5
2	2	10	0	4
3	5	11.5	0	4
4	0	4	5	11.5
5	0	4	0	4
6	1	8.5	0	4
Суммы:		42		36

Результат: $U_{Эмп} = 15$

Значимые межгрупповые различия получены по шкалам Оригинальность и Сопротивление замыканию.

В *экспериментальной* группе произошли статистически значимые положительные изменения по: тесту Беннета (общий уровень креативности); оригинальности; разработанности; абстрактности названия; сопротивлению замыканию.

ВКР ЮУрГУ

Исключение - шкала беглости, где прирост оказался незначимым (вероятно, из-за высоких исходных значений или специфики вмешательства).

В *контрольной* группе ни по одной шкале не зафиксировано значимых сдвигов (все $p>0,05$). Наблюдаемые мелкие изменения (в основном отрицательные или нулевые) носят случайный характер.

Основываясь на выдвинутых гипотезах и полученных данных, мы получили следующие результаты. Межгрупповые различия (ЭГ и КГ по величине улучшения) оказались значимыми для: теста Беннета; оригинальности; сопротивления замыканию. Это означает, что именно эти аспекты креативности развились под влиянием экспериментального воздействия значительно сильнее, чем в контрольной группе. Шкалы разработанность и абстрактность названия хотя и выросли внутри ЭГ, но их прирост не превысил изменений в КГ на статистически значимом уровне. Возможная причина - в контрольной группе также наблюдались отдельные положительные сдвиги (не достигающие значимости) и высокий разброс данных, что при малой выборке снизило чувствительность критерия Манна–Уитни.

ВКР УлГУ

Выводы по главе

Проведённая опытно-экспериментальная работа подтвердила эффективность разработанной нами педагогической технологии формирования основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке «Реверсивный инжиниринг».

В экспериментальной группе мы зафиксировали значимые улучшения по пяти из шести показателей, тогда как в контрольной группе значимых изменений не выявлено. Наиболее чувствительными к нашему воздействию оказались оригинальность и гибкость мышления, а также интегральный показатель технического мышления по тесту Беннета.

Отсутствие значимого межгруппового эффекта по разработанности и абстрактности названия указывает на необходимость:

- дальнейшей доработки программы с акцентом на детализацию идеи;
- увеличения выборки для повышения статистической мощности;
- добавления отсроченного среза для проверки устойчивости достигнутых изменений;

Несмотря на малую выборку, полученные значимые различия между группами говорят о реальной, а не случайной природе эффекта. Педагогический эксперимент можно считать успешным, а разработанную программу и средства обучения - рекомендовать к применению в практике дополнительного образования детей технической направленности. Полученные результаты статистически значимы и полностью подтверждают выдвинутую гипотезу исследования, демонстрируя, что интеграция проблемно-поискового, системно-деятельностного и когнитивно-деятельностного подходов в сочетании с авторскими средствами обучения даёт устойчивый положительный эффект.

ВКР УлГУ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования проведён информационно-аналитический обзор по проблеме формирования основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке «Реверсивный инжиниринг».

В ходе исследования решены все поставленные задачи. Первая задача была решена в главе 1.1 - было уточнено понятие «инженерное мышление». На основе анализа трудов авторов предложено интегративное определение инженерного мышления учащихся как *формируемой в практической деятельности способности к системному решению задач, предполагающей выявление технических недочетов и поиск их решения с учётом заданных ограничений, через последовательное осуществление полного цикла преобразовательной работы: анализ объекта, проектирование изменений, цифровое моделирование, технологическое воплощение и критическая оценка результата*. Выделены ключевые компоненты инженерного мышления: аналитико-исследовательский, проектно-конструкторский, технологический и оценочно-критический.

Задача определить совокупность педагогических подходов, методов и форм организации обучения решена в главе 1. Были определены: интеграция системно-деятельностного, проблемно-поискового и когнитивно-деятельностного подходов; использование методов проектного моделирования, исследовательских заданий, когнитивного картирования и технологических кейсов; учёт психолого-педагогических особенностей учащихся тринадцати-четырнадцати лет. Обоснован выбор групповой и индивидуальной форм организации деятельности.

Задача по адаптации программы кружка решена в главе 2 через модернизацию дополнительной общеобразовательной программы «Реверсивный инжиниринг».

ВКР УлГУ

В главе 2 также решена задача по разработке средства обучения. Созданные средства обучения - набор «Инженерный старт» и веб-платформа «Конструктор ТЗ. Цифровая лаборатория» показали свою эффективность в формировании основ инженерного мышления.

Задача - проведение опытно-экспериментальной работы была решена в главе 3. После проведения эксперимента в экспериментальной группе была зафиксирована положительная динамика по большинству показателей, тогда как в контрольной группе значимых изменений не произошло. Статистическая обработка данных выполнена с использованием непараметрических критериев Вилкоксона и Манна-Уитни, подтвердивших значимость различий.

Таким образом, гипотеза исследования подтвердилась: разработанная педагогическая технология и средства обучения, способствующие формированию основ инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке «Реверсивный инжиниринг», являются эффективными и могут быть рекомендованы к использованию в системе дополнительного образования детей технической направленности.

ВКР УдГУ

ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

1.Асмолов, А. Г. Системно-деятельностный подход в разработке стандартов нового поколения / А. Г. Асмолов // Педагогика. — 2009. — № 4. — С. 18–22. — URL: https://stavsad58.gosuslugi.ru/netcat_files/56/125/Asmolov.pdf

2. Атаулова, О. В. Формирование инженерного мышления школьников в условиях технологического образования : монография / О. В. Атаулова. — Ульяновск : УлГПУ, 2019. — 180 с. — URL: https://fip.expert/storage/publications/documents/sMUfumOHRO4wJ8TJo8KrWkyPdfIjgt76qiY7wwf9.pdf

3. Беляк, Е. Л. Полимерный мастермайнд: формируем инженерное мышление учащихся / Е. Л. Беляк, Г. И. Егорова, Н. И. Лосева // Химия в школе. — 2025. — № 8. — С. 27-34. — DOI 10.62709/0368-5632-2025-8-27-34. — EDN GHEMVP.

4. Бескова, И. А. Как возможно творческое мышление? / И. А. Бескова. — М.: Знание, 1993.

5. Беспалько, В. П. Педагогические и прогрессивные технологии обучения / В. П. Беспалько. — М.: ИПРО, 1995. — 336 с. — URL: https://elar.uspu.ru/bitstream/ru-uspu/2024/1/vestnik_39_18.pdf

6. Богоявленская, Д. Б. Психология творческих способностей : монография / Д. Б. Богоявленская. — М.: ИД «Федоров», 2009. — 414 с. — URL: https://psy.su/mod_files/additions_1/fle_file_additions_1_9813.pdf

7. Бодряков, В. Ю. Формирование реалистичных представлений о физических свойствах веществ как инструмент формирования инженерного мышления учащихся / В. Ю. Бодряков, А. А. Быков // Формирование инженерного мышления в процессе обучения : материалы междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 07–08 апр. 2015 г. / отв. ред. Т. Н. Шамало. — Екатеринбург : Урал. гос. пед. ун-т, 2015. — С. 37–39. — EDN VJCIXL.

ВКР УлГУ

8. Большаков, В. П. Твердотельное моделирование сборочных единиц в CAD-системах / В. П. Большаков, А. Л. Бочков, Е. А. Лебедева, А. В. Чернов. — СПб. : Питер, 2018. — 368 с.

9. Брежнева, Л. Н. Система развития инженерного мышления учащихся / Л. Н. Брежнева, А. С. Брежнева // Актуальные проблемы теории и практики обучения математике, информатике и физике в современном образовательном пространстве / отв. ред. В. Н. Фрундин. — Курск : Курский гос. ун-т, 2018. — С. 98–100. — EDN CKVTHD.

10. Брушлинский, А. В. Психология мышления и проблемное обучение / А. В. Брушлинский. — М.: Знание, 1983. — 96 с.

11. Брушлинский, А. В. Субъект: мышление, учение, воображение / А. В. Брушлинский. — М.: Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та ; Воронеж : Изд-во НПО «МОДЭК», 2003. — 406 с. — (Серия «Библиотека психолога»).

12. Возрастная и педагогическая психология / под ред. М. В. Гамезо. — М.: Наука, 2004. — 50 с. — URL: https://studfile.net/preview/1726571/

13. Волошинов, Д. В. Инженерная компьютерная графика / Д. В. Волошинов, В. В. Громов. — М.: Академия, 2020. — 208 с.

14. Выготский, Л. С. Мышление и речь : сборник / Л. С. Выготский. — М.: АСТ: Астрель, 2011. — URL: https://www.absolute-school.ru/upload/iblock/270/27070e5a388e20ae36350f974992a8b7.pdf?ysclid=miyud2rvoo440432218

15. Гальперин, П. Я. Лекции по психологии / П. Я. Гальперин. — М. КДУ, 2007. — 400 с. — URL: https://biblio.tdu-tar.md/images/files/Biblio/pno/obschaya_psihologiya/galjperin._lekcii_po_psihologii.pdf

16. Давыдов, В. В. Теория развивающего обучения / В. В. Давыдов. — М.: ИНТОР, 1996. — 544 с. — URL: https://psychlib.ru/mgppu/DTe/DTe-001.htm?ysclid=miyw0ndaqg413751471

ВКР УлГУ

17. Дьюи, Д. Психология и педагогика мышления = How We Think / Д. Дьюи; пер. с англ. Н. М. Никольской. — М.: Совершенство, 1997. — 208 с. — URL: https://urait.ru/viewer/psihologiya-i-pedagogika-myshleniya-567889#page/2

18. Ефремов, Г. В. Инженерная и компьютерная графика на базе графических систем / Г. В. Ефремов, С. И. Нюкалова. Старый Оскол: ТНТ, 2016. — 264 с.

19. Зак, А. З. Развитие и диагностика мышления подростков и старшеклассников / А. З. Зак. — М. ; Обнинск : ИГ—СОЦИН, 2010. — 350 с. — URL: https://psychlib.ru/mgppu/Zrd-2010/Zrd-2010.htm#$p1

20. Инженерное мышление школьников: технологии, методы и средства формирования : сб. конспектов уроков и занятий внеурочной деятельности / под общ. ред. Г. М. Шигабетдиновой, Т. В. Финюковой, Л. Х. Давлетшиной. — Ульяновск, 2021. — URL: https://liczej45ulyanovsk-r73.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/30/69/Inzhenernoe_myshlenie_shkol_nikov_sbornik_2021.pdf

21. Киреев, Д. Н. Развитие инженерного мышления у подростков с использованием информационно-коммуникационных технологий : дис. магистра / Д. Н. Киреев. — Екатеринбург, 2023. — URL: https://elar.uspu.ru/bitstream/ru-uspu/61457/2/Kireev2.pdf

22. Концепция развития дополнительного образования детей до 2030 года : распоряжение Правительства РФ от 31.03.2022 № 678-р. — URL: https://czentrobrazovaniya59severnayamyza-r71.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/30/69/Rasporyazhenie_Pravitel_stva_o_kontseptsii_DO.pdf

23. Леонтьев, А. Н. Деятельность. Сознание. Личность / А. Н. Леонтьев. — М.: Смысл, 2005. — 352 с. — URL: http://mdou85.beluo.ru/wp-content/uploads/2019/01/Леонтьев-А.Н.-Деятельность.-Сознание.-Личность..pdf

24. Лихачев Б.Т. Педагогика. Курс лекций: Учеб. пособие для студентов педагог, учеб. заведений и слушателей ИПК и ФПК. — М.:

ВКР УлГУ

Прометей, Юрайт, 1998. — 464 с. — URL: https://p-lib.ru/pedagogika/lekcii_po_pedagogike/index_lekcii_po_pedagogike.html

25. Ломов, Б. Ф. Вопросы общей, педагогической и инженерной психологии / Б. Ф. Ломов. — М.: Педагогика, 1991. — 296 с. — URL: https://djvu.online/file/TDJQtj3hLB6qE

26. Мамалыга, Р. Ф. Формирование пространственного мышления — важной составляющей инженерного мышления у учащихся 7-9 классов во внеклассной работе / Р. Ф. Мамалыга, А. Г. Тверской // Формирование инженерного мышления в процессе обучения : материалы междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 07–08 апр. 2015 г. / отв. ред. Т. Н. Шамало. — Екатеринбург : Урал. гос. пед. ун-т, 2015. — С. 108–112. — EDN VJCJFD.

27. Матюшкин, А. М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении / А. М. Матюшкин. — М.: Директ-Медиа, 2014. — 210 с. — URL: https://psychlib.ru/mgppu/hre/hre-312.htm#$p312

28. Методические рекомендации для организации диагностической работы по оценке уровня сформированности инженерного мышления обучающихся. — URL: https://proiskra.ru/wp-content/uploads/2019/11/Metodicheskie_rekomendatsii_dlya_organizatsii_diagnostichesk.pdf

29. Мустафина, Д. А. Модель конкурентоспособности будущего инженера-программиста / Д. А. Мустафина, Г. А. Рахманкулова, Н. Н. Короткова // Педагогические науки. — 2010. — №8. — С. 16–20. — URL: https://s.top-technologies.ru/pdf/2010/8/2.pdf

30. Наследов, А. Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных : учебное пособие / А. Д. Наследов. — 3-е изд., стереотип. — Санкт-Петербург : Речь, 2007. — 392 с.

31 Национальный проект «Молодёжь и дети»: утверждён решением Президента Российской Федерации. — URL: https://нацпроекты18.рф/novosti

ВКР УдГУ

32. Никитаев, В. В. О техническом и гуманитарном знании в инженерной деятельности / В. В. Никитаев / Высшее образование в России. — 1996. № 2.

33. Никонов, В. В. КОМПАС-3D: создание моделей и 3D-печать / В. В. Никонов. — СПб. : Питер, 2020. — 208 с.

34. Опарин А. И. Реверсивный инжиниринг : учебно-методическое пособие / А. И. Опарин; Удмурт. гос. ун-т, Каф. технол. машин. и техн. процессов обработ. материалов. — Ижевск : УдГУ, [б.г.]. URL: https://f-idpo.udsu.ru/files/web/000339 ИСПРАВЛЕННАЯ%20Реверсивный%20инжиниринг.pdf

35. Павловская, Н. Г. Особенности логического мышления современных подростков / Н. Г. Павловская, Д. В. Байкадамов // Психологическая наука и образование. — 2021. — № 3. — С. 25–40.

36. Педагогика : учебник для академического бакалавриата / под общ. ред. Л. П. Крившенко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 502 с. — (Серия: Бакалавр. Академический курс). — URL: https://gpa.cfuv.ru/courses/os-ped-mast/Doc/Книги%20в%20формате%20(pdf)/Крившенко%20Л.П.,%20Вайндорф-Сысоаева%20М.Е.%20Педагогика.PDF?ysclid=mke8cir0n3587471985

37. Пиаже, Ж. Психология интеллекта / Ж. Пиаже. — СПб. : Питер, 2004. — 192 с. — URL: https://psychoanalysis.by/wp-content/uploads/2018/08/Пиаже-Ж.-Психология-интеллекта-Психология-классика-2004.pdf?189db0&189db0

38. Приказ Минпросвещения России от 31.05.2021 N 287 (ред. от 18.06.2025) «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования». — URL: https://shkolapeschanskaya-r45.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/158/2104/MP_FGOS_OOO_ot_31.05.2021_287.pdf

ВКР УдГУ

39. Распоряжение Правительства Удмуртской Республики от 01.08.2022 № 842-р «Об утверждении Плана работы и целевых показателей по реализации Концепции развития дополнительного образования детей в Удмуртской Республике до 2030 года» (с изменениями и дополнениями). — URL: https://base.garant.ru

40. Резапкина, Г. В. Тест механической понятливости Беннета : методика / Г. В. Резапкина ; адаптация Г. В. Резапкиной. — URL: https://sh-vsm1-gusinoozersk-r81.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/207/2932/Test_mehanicheskoy_ponyatlivosti_Benneta.pdf

41. Рубинштейн, С. Л. Основы общей психологии / С. Л. Рубинштейн. — СПб. : Питер, 2015. — 713 с. — URL: http://www.nicevt.ru/wp-content/uploads/2019/10/rubinshteynosnovu_obzhey_psc.pdf

42. Сазонова, З. С. Развитие инженерного мышления — основа повышения качества образования / З. С. Сазонова, Н. В. Чечеткина. — М.: МАДИ (ГТУ), 2007. — 195 с.

43. Сидоренко, Е. В. Методы математической обработки в психологии / Е. В. Сидоренко. — Санкт-Петербург : Речь, 2010. — 349 с. — URL: https://studfile.net/preview/5921006/page:12/

44. Сорокова, М. Г. Математические методы в психолого-педагогических исследованиях : учебное пособие / М. Г. Сорокова. — Москва : Неолит, 2020. — 216 с. – URL: https://psychlib.ru/mgppu/SMm-2020/SMm-216.htm#$p1

45. Стариченко, Б. Е. Обработка и представление данных педагогических исследований с помощью компьютера / Б. Е. Стариченко. — Москва : Прометей, 2009. — 240 с. — URL: https://elar.uspu.ru/bitstream/ru-uspu/48161/1/uch00136.pdf

46. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации : утв. Указом Президента РФ от 01.12.2016 № 642. — URL: https://new.ras.ru/upload/iblock/deb/y0hs30v4g40corvlx464r96ijjt32ed6.pdf

ВКР УдГУ

47. Талызина, Н. Ф. Формирование познавательной деятельности учащихся / Н. Ф. Талызина. — М.: Знание, 1983. — 96 с.

48. Тимирбаев, Д. Ф. Хайтек тулкит / Д. Ф. Тимирбаев. — М.: Фонд новых форм развития образования, 2017. — 128 с.

49. Третьяк, Л. Н. Основы теории и практики обработки экспериментальных данных : учебное пособие для вузов / под ред. Л. Н. Третьяк. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Юрайт, 2024. — 237 с.

50. Туник, Е. Е. Диагностика креативности. Тест Е. Торренса : методическое руководство / Е. Е. Туник. — Санкт-Петербург : ИМАТОН, 1998. — 427 с. — ISBN 5-7822-0021-9. — URL: https://aucentr.ru/wp-content/uploads/2021/05/Туник-Е.Е.-Диагностика-креативности.-Тест-Е.Торренса-pdf.pdf

51. Усольцев, А. П. О понятии «инженерное мышление» / А. П. Усольцев, Т. Н. Шамало // Формирование инженерного мышления в процессе обучения : материалы междунар. науч.-практ. конф., 7-8 апр. 2015 г., Екатеринбург. — Екатеринбург : Урал. гос. пед. ун-т, 2015. — URL: https://kpfu.ru/staff_files/F507873550/POSLEDNIJ.Mezhdunarod.sbornik.2015.pdf

52. Фельдштейн, Д. И. Психология развития личности в онтогенезе / Д. И. Фельдштейн. — М.: Педагогика, 1989. — 208 с.

53. Чекулаева, М. Е. Развитие инженерного мышления учащихся путем привлечения их к составлению прикладных задач / М. Е. Чекулаева, Н. В. Сидорова // Вестник науки и образования. — 2020. — № 12-1(90). — С. 61–65. — EDN CGWFGL.

54. Эльконин, Д. Б. Избранные психологические труды / Д. Б. Эльконин. — М.: Педагогика, 1989. — 560 с. — URL:

55. Якиманская, И. С. Развивающее обучение / И. С. Якиманская. — М.: Педагогика, 1979. — 144 с. — URL: http://elib.edurm.ru/lib/document/EK/1D3ABF47-77F1-4CAA-AFEB-6C7430DBAD52/

ВКР УлГУ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Сводная таблица элементов технологии обучения, способствующей формированию инженерного мышления у учащихся тринадцати-четырнадцати лет на занятиях в кружке « Реверсивный инжиниринг».

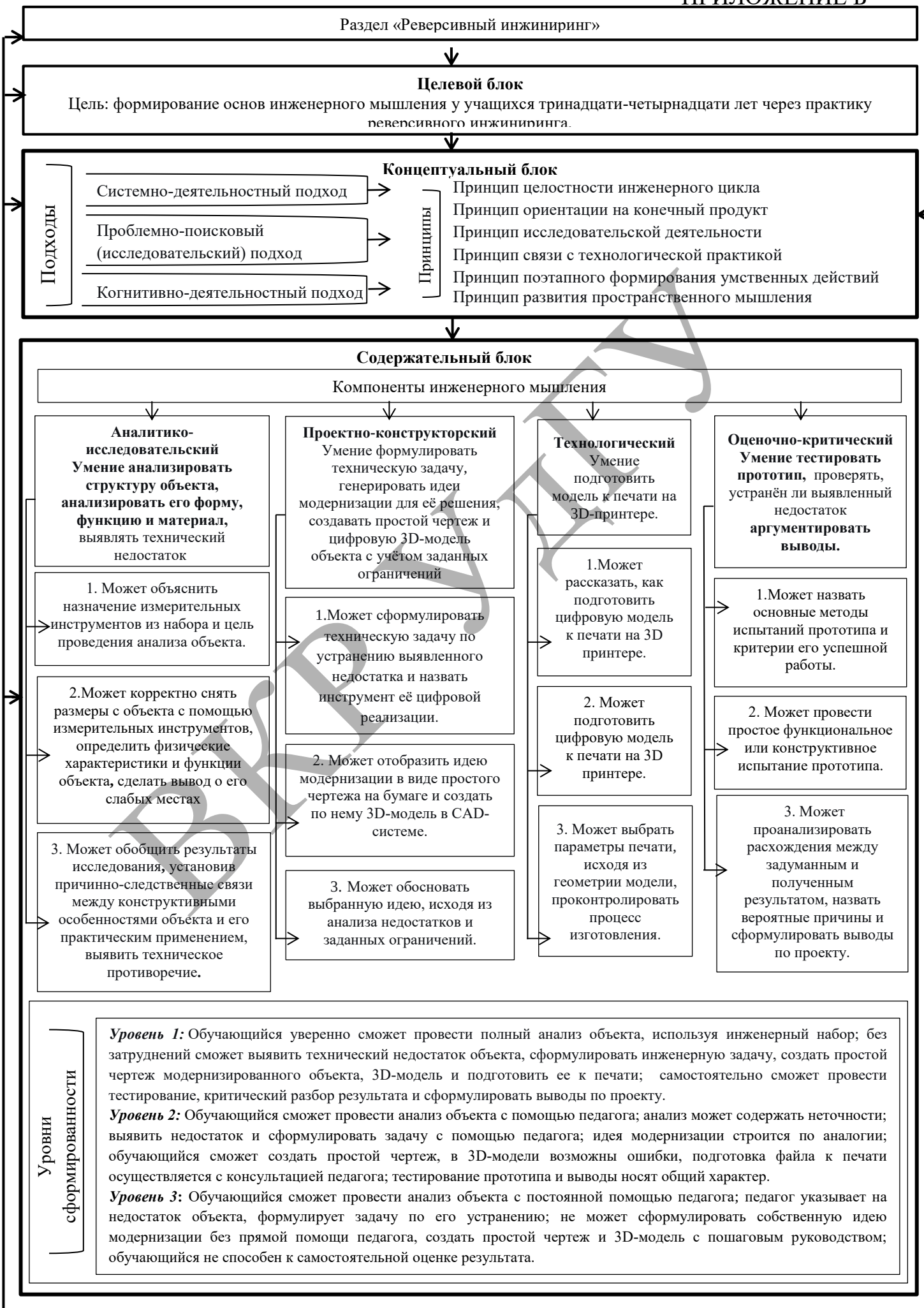
Раздел 3. «Реверсивный инжиниринг (обратное проектирование)»										
№ занятия	**Этап**	**Кол-во часов (на этап)**	**Наименование темы**	**Количество часов (на тему)**			**Цель**	**Формы орг. уч. деятельности**	**Методы обучения**	**Средства обучения**
				Всего	Теория	Практика				
1.	1	1.5	Тема 3.1. Обратное проектирование детали и помощью ручного измерительного инструмента Тема 3.2. Создание чертежей	2	0,5	1,5	Сформировать у учащихся аналитико-исследовательский и проектно-конструкторский компоненты инженерного мышления через организацию деятельности по комплексному анализу физического объекта, выявлению его недостатков и формулировке технической задачи на устранение этих недостатков с учётом заданных ограничений с использованием материального набора «Инженерный старт» и веб-платформы «Конструктор ТЗ».	Фронтальная, групповая, индивидуал-я	Метод исследовательских заданий, кейс-метод, элементы метода SMART, метод проблемного обучения, метод когнитивного картирования, метод технологических кейсов	Набор «Инженерный старт», веб-платформа «Конструктор ТЗ. Цифровая лаборатория»
	2	0.5								
2.	3	2	Тема 3.3. Обратное проектирование с использов-м цифровых технологий	5	1	4	Сформировать у учащихся технологический компонент и развить пространственное мышление через перевод технического задания и чертежа в цифровую 3D-модель в среде КОМПАС-3D.	Групповая, индивидуал-я	Метод проектного моделирования, метод технологических кейсов	Программа КОМПАС 3D

ВКР УдГУ

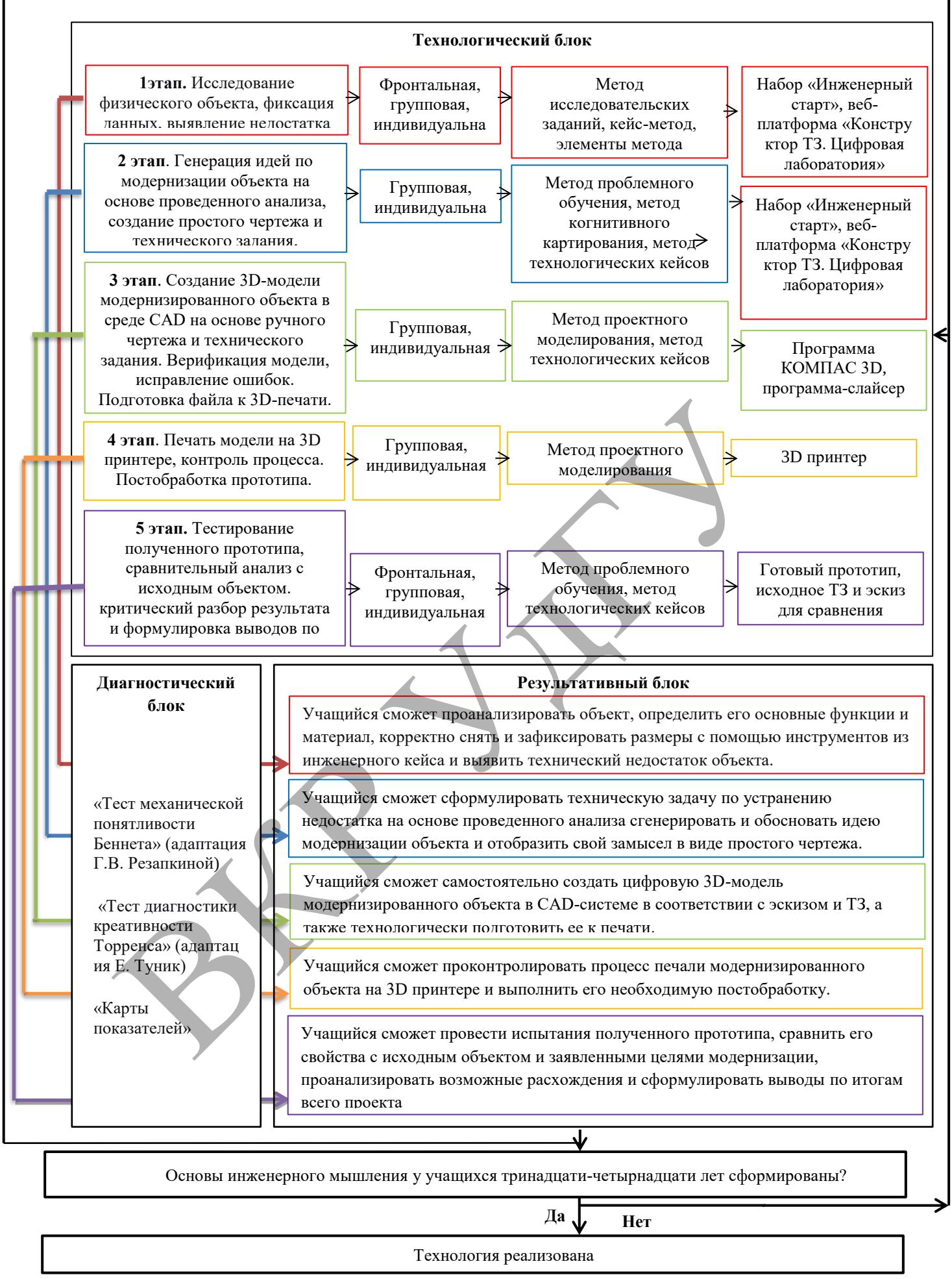
3.		2					Сформировать у учащихся технологический компонент инженерного мышления через организацию деятельности, направленной на верификацию цифровой 3D-модели и её технологическую подготовку к производству.	Групповая, индивидуал-я		Программа КОМПАС 3D, программа-слайсер
4.	4	1	Тема 3.4. Изготовление деталей (печать на 3D принтере)	4	0,5	3,5	Сформировать у учащихся технологический компонент инженерного мышления через переход от цифровой модели к материальному прототипу, включающий получение знаний запуска 3D-печати, навыков контроля за процессом печати и безопасного выполнения постобработки изделия.	Групповая, индивидуал-я	Метод проектного моделирования, метод технологических кейсов, метод проектного моделирования	Программа КОМПАС 3D, программа-слайсер, 3D принтер
		1								
5.	5	1					Сформировать у учащихся оценочно-критический компонент инженерного мышления через организацию итоговой аналитической деятельности, включающей сравнительное тестирование прототипа, оценку его соответствия техническому заданию и рефлексию всех этапов проектного цикла.	Фронтальная, групповая, индивидуал-я	Метод проектного моделирования, метод проблемного обучения, метод технологических кейсов	3D принтер, готовый прототип, исходное ТЗ и эскиз для сравнения

ВКР УлГУ

ПРИЛОЖЕНИЕ Б



ВКР УлГУ



Модель педагогической технологии

ВКРУлГУ

ВКР УдГУ

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Карта показателей сформированности основ инженерного мышления.

Уровень задания		Название объекта модернизации					
№	ФИО учащегося	Этапы					Итого
		Анализ объекта	Генерация модернизации	CAD-моделиро-вание	Реализация	Тестирование и анализ	
1							
2							
…							

ВКР УлГУ

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Тест механической понятливости Беннета (модификация Г.В. Резапкиной)

Методика представляет собой сокращенный вариант теста и служит для выявления технических способностей подростков и взрослых. Стимульный материал представлен тридцатью заданиями в виде рисунков и трех вариантов ответов, один из которых является правильным. Необходимо выбрать верный ответ, отметив его номер в бланке. Допускается выполнение заданий в любой последовательности.

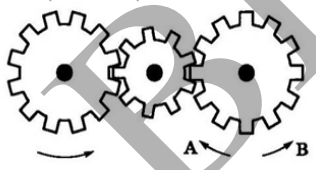
Бланк ответов

1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30

Инструкция

Рассмотрите рисунок, прочитайте вопрос к нему и запишите в бланк ответов рядом с номером вопроса номер верного варианта решения.

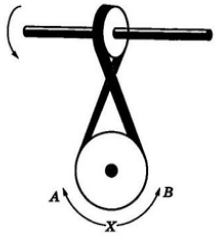
1. Если левая шестерня поворачивается в указанном стрелкой направлении, то в каком направлении повернется правая?



1. В направлении стрелки А.
2. В направлении стрелки В.
3. Не знаю.

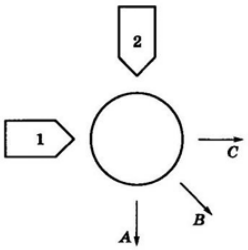
ВКР УлГУ

2. Если верхнее колесо вращается в направлении, указанном стрелкой, то в какую сторону вращается нижнее колесо?



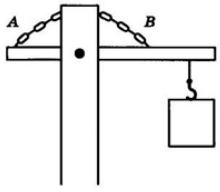
1.В направлении А.
2. В обоих направлениях.
3. В направлении В.

3. Куда будет двигаться диск, если на него действуют одновременно две одинаковые силы 1 и 2?



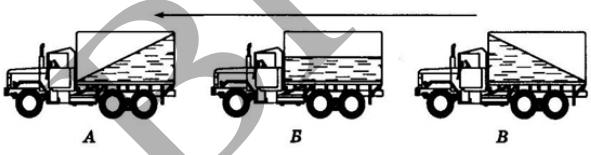
1. В направлении стрелки А.
2. В направлении стрелки В.
3. В направлении стрелки С.

4. Нужны ли обе цепи для поддержки груза или достаточно одной? Какой?



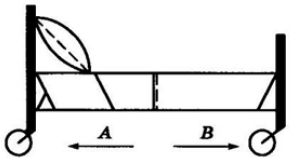
1. Достаточно цепи А.
2. Достаточно цепи В.
3. Нужны обе цепи.

5. Какая из машин с жидкостью в бочке тормозит?



1. Машина А.
2. Машина Б.
3. Машина В.

6. В каком направлении двигали кровать последний раз?



1. В направлении стрелки А.
2. В направлении стрелки В.
3. Не знаю.

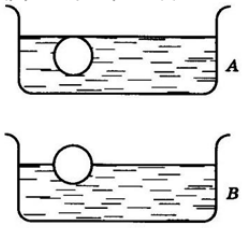
ВКР УдГУ

7. Колесо и тормозная колодка изготовлены из одного и того же материала. Что быстрее износится?



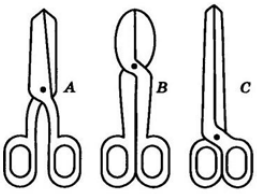
1. Колесо износится быстрее.
2. Колодка износится быстрее.
3. Колесо и колодка износятся одинаково.

8. Одинаковой ли плотности жидкостями заполнены емкости или одна из жидкостей плотнее, чем другая (шары одинаковые)?



1. Жидкости одинаковой плотности.
2. Жидкость А плотнее.
3. Жидкость В плотнее.

9. Какими ножницами легче резать лист железа?



1. Ножницами А.
2. Ножницами В.
3. Ножницами С.

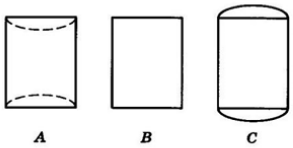
10. Какое колесо кресла-коляски вращается быстрее при движении коляски?



1. Колесо А вращается быстрее.
2. Колеса вращаются с одинаковой скоростью.
3. Колесо В вращается быстрее.

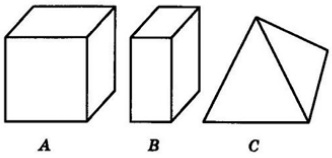
ВКР УдГУ

11. Как будет изменяться форма запаянной тонкостенной жестяной банки, если ее нагревать?



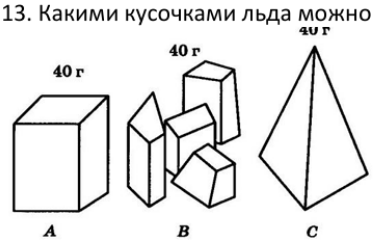
1. Как показано на рисунке А.
2. Как показано на рисунке В.
3. Как показано на рисунке С.

12. Вес фигур А, В и С одинаковый. Какую из них труднее опрокинуть?



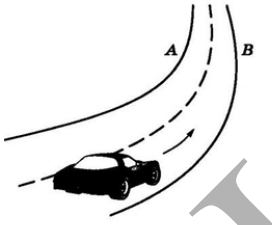
1. Фигуру А.
2. Фигуру В.
3. Фигуру С.

13. Какими кусочками льда можно быстрее охладить стакан воды?



1. Куском на картинке А.
2. Кусочками на картинке В.
3. Куском на картинке С.

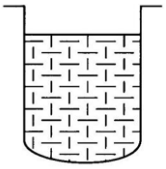
14. В какую сторону занесет эту машину, движущуюся по стрелке, на повороте?



1. В любую сторону.
2. В сторону А.
3. В сторону В.

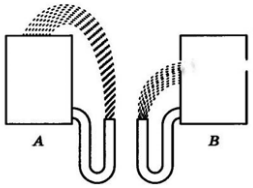
ВКР УдГУ

15. В емкости находится лед. Как изменится уровень воды по сравнению с уровнем льда после его таяния?



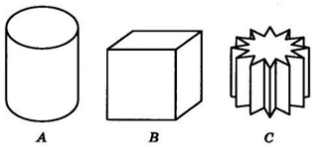
1. Уровень повысится.
2. Уровень понизится.
3. Уровень не изменится.

16. На какую высоту поднимется вода из шланга, если ее выпустить из заполненных емкостей А и В?



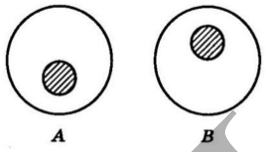
1. Как показано на рисунке А.
2. Как показано на рисунке В.
3. До высоты резервуаров.

17. Какой из этих горячих цельнометаллических предметов остынет быстрее, если их вынести на воздух?



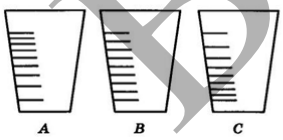
1. Предмет А.
2. Предмет В.
3. Предмет С.

18. В каком положении остановится деревянный диск со вставленным в него металлическим кружком, если его толкнуть?



1. В положении А.
2. В положении В.
3. В любом положении.

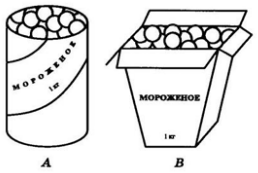
19. На какой емкости верно нанесены деления, обозначающие объемы?



ВКР УдГУ

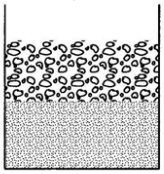
1. На емкости А.
2. На емкости В.
3. На емкости С.

20. В каком пакете мороженое растает быстрее?



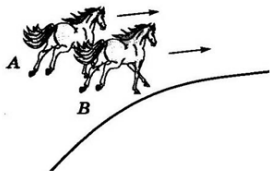
1. В пакете А.
2. В пакете В.
3. Одинаково.

21. На дне емкости находится песок. Поверх него — галька. Как изменится уровень, если гальку и песок перемешать?



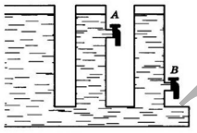
1. Уровень повысится.
2. Уровень понизится.
3. Уровень останется прежним.

22. Какая из лошадок должна бежать на повороте быстрее для того, чтобы ее не обогнала другая?



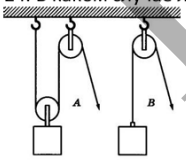
1. Лошадка А.
2. Обе лошадки должны бежать с одинаковой скоростью.
3. Лошадка В.

23. Из какого крана сильнее должна бить струя воды, если их открыть одновременно?



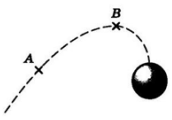
1. Из крана А.
2. Из крана В.
3. Из обоих одинаково.

24. В каком случае легче поднять одинаковый по весу груз?



1. В случае А.
2. В случае В.
3. В обоих случаях одинаково.

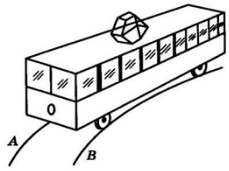
25. В какой точке шарик двигается быстрее?



1. В точках А и В скорость одинаковая.
2. В точке А скорость больше.
3. В точке В скорость больше.

ВКР УлГУ

26. Какой из двух рельсов должен быть выше на повороте?



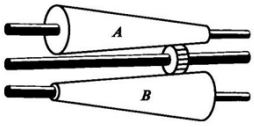
1. Рельс А.
2. Рельс В.
3. Оба рельса должны быть одинаковыми по высоте.

27. Как распределяется вес между крюками А и В?



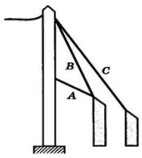
1. Сила тяжести на обоих крюках одинаковая.
2. На крюке А сила тяжести больше
3. На крюке В сила тяжести больше.

28. На оси Х находится ведущее колесо, вращающее конусы. Какой из них будет вращаться быстрее?



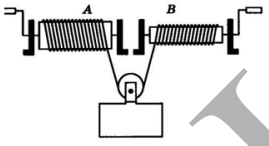
1. Конус А.
2. Оба конуса будут вращаться одинаково.

29. Какой из тросов удерживает столб надежнее?



1. Трос А.
2. Трос В.
3. Трос С.

30. Какой из лебедок труднее поднимать груз?



1. Лебедкой А.
2. Обеими лебедками одинаково.
3. Лебедкой В.

ВКР УДГУ

Обработка результатов Каждое задание, выполненное верно, оценивается в 1 балл. Для этого ответы обучающегося (Бланк ответов) сравниваются с правильными ответами. Общая сумма баллов позволяет определить уровень технических способностей школьника. 25-30 баллов – высокий уровень технических способностей 19-24 балла – уровень выше среднего 13-18 – средний уровень 7-12 – уровень ниже среднего 0-6 – низкий уровень технических способностей.

Правильные ответы

1 – 2	2 – 1	3 – 2	4 – 2	5 – 3
6 – 2	7 – 2	8 – 3	9 – 2	10 – 1
11 – 3	12 – 3	13 – 2	14 – 3	15 – 2
16 – 2	17 – 3	18 – 1	19 – 1	20 – 2
21 – 2	22 – 1	23 – 2	24 – 1	25 – 2
26 – 1	27 – 1	28 – 1	29 – 3	30 – 1

ВКР УДГУ

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

ДИАГНОСТИКА КРЕАТИВНОСТИ ТЕСТ ТОРРЕНСА Е.А МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

В мировой психологической практике тест Торренса Е. является самым валидным и надежным стандартизированным инструментом, позволяющим измерить все основные характеристики креативного мышления и оценить творческий потенциал личности. Методическое руководство представляет собой первую русскоязычную адаптацию всех вербальных и образных субтестов методики. Исключительное значение этой работы обусловлено также отсутствием отечественных тестов на креативность. В руководстве описана психодиагностическая процедура, по дробно, на конкретных примерах, объясняется алгоритм обработки результатов, приведены нормативные данные для возрастного диапазона 5-17 лет и протоколы реальных обследуемых с заключениями по результатам тестирования. Руководство рассчитано на широкий круг специалистов, работающих в области практической психологии.

ГЛАВА 3. ОБРАЗНАЯ БАТАРЕЯ

3.1. Описание субтестов.

Невербальная батарея включает в себя три субтеста, направленных на измерение разных аспектов образной креативности. Во всех субтестах задания требуют ответов в форме некоторого рисунка, изображения.

СУБТЕСТ №1 «Создание рисунка» — является воплощением оригинальной идеи Торренса Е.а. Обследуемым предлагается нарисовать картинку, при этом в качестве отправной точки необходимо использовать определенный элемент. Этот элемент представляет собой цветное овальное пятно, напоминающее довольно обычные предметы.

СУБТЕСТ№2 «Незаконченные фигуры» — является адаптацией рисуночных тестов, предложенных К. Френком. Обследуемому предлагается

ВКР УлГУ

дорисовать десять незаконченных фигур, порождающих у него желание завершить их простейшим путем согласно законам гештальт- психологии. Поэтому, для того, чтобы создать оригинальный рисунок, обследуемый должен противодействовать этому стремлению, воздерживаясь от первичного импульса немедленно замкнуть фигуру. Все десять незаконченных фигур отличаются друг от друга, но навязывают человеку определенные устойчивые образы.

СУБТЕСТ№3 «Повторяющиеся линии». Стимульным материалом данного субтеста являются 30 пар параллельных линий. На основе каждой пары линий необходимо создать какое-либо изображение. Таким образом, обследуемый должен предлагать различные идеи на основе одного и того же стимула, преодолевая ригидность мышления.

На выполнения каждого субтеста отводится 10 минут. Художественный уровень в рисунках не учитывается, самое важное – это заложенная в них идея. Умение писать требуется только для того, чтобы дать названия рисункам. Если ребенок не умеет писать, то придуманные им названия записываются психологом.

3.2. Процедура тестирования.

3.2.1. Условия тестирования.

Тестирование образной креативности, так же, как и вербальной, должно проходить в игровой творческой атмосфере. Обстановка ни в коем случае не должна ассоциироваться с ситуациями экзамена, выполнения упражнений, решения задач. Только комфортная, ненапряженная и доброжелательная атмосфера, стимулирующая творчество, позволяет получить надежные и валидные результаты тестирования. Слова «тест», «субтест», «тестовая тетрадь», «упражнения» не следует произносить перед обследуемыми. Название Тестовой тетради «Вырази свои идеи с помощью рисунков» помогает им понять общую суть всех заданий.

ВКР УлГУ

Психологу необходимо предварительно изучить инструкции и по знакомиться с нюансами тестирования, описанными в Методическом руководстве.

Каждый обследуемый должен иметь Тестовую тетрадь, простые и цветные карандаши. Образную часть методики можно проводить групповым способом с детьми любого возраста. Но не следует проводить тестирование в разновозрастных, а также в больших по численности группах детей. Нормальное количество обследуемых в группе — 15-30 человек. В детских садах лучше работать в маленьких группах по 5-10 человек или индивидуально.

Обычно обследуемые (даже маленькие дети) проявляют интерес к образным заданиям и не устают работать, поэтому тестирование чаще всего удается провести за один раз. На проведение образной батареи уходит примерно 45 минут: 30 минут — выполнение субтестов, 10-15 минут — раздача необходимых материалов, знакомство с инструкциями, ответы на вопросы обследуемых.

3.2.2. Общая инструкция. Если образная часть методики проводится после вербальной, то, прежде чем раздать Тестовые тетради с образными субтестами, психолог должен сделать небольшое вступление:

«В предыдущих заданиях ты выражал свои идеи словами. А сейчас попробуй выразить их другим способом: с помощью рисунков и изображений. Постарайся максимально проявить свое воображение и творческие способности. Я уверен (а), что ты хорошо справишься с этими заданиями и получишь при этом настоящее удовольствие.»

Если проводится только образная батарея, то Тестовые тетради раздаются сразу. Обследуемые записывают в них сведения о себе и вместе с психологом начинают читать общую инструкцию к образным субтестам: «Тебе предстоит выполнить три увлекательных задания.

ВКР УдГУ

Тебе потребуются воображение и творческие способности для того, чтобы придумать новые идеи и выразить их с помощью рисунков, изображений.

При выполнении каждого задания попробуй придумать что- то интересное и необычное, чего бы не смог придумать никто другой, кроме тебя. Постарайся дополнить и развить свои идеи - так, чтобы у тебя получились интересные рассказы-картинки. Ты сможешь хорошо справится с этими заданиями. Но главное, что ты получишь при этом настоящее удовольствие.

Время выполнения заданий будет ограничено, поэтому старайся работать быстро, но без лишней спешки. Если у тебя появятся вопросы во время выполнения заданий, не задавай их с места. Подними руку и ведущий к тебе подойдет.»

Если у обследуемых нет вопросов, можно переходить к работе над первым субтестом. В процессе тестирования важно постоянно поддерживать доброжелательные, теплые и непринужденные отношения с обследуемыми. В ходе объяснения инструкций запрещается приводить примеры возможных ответов. Это уменьшает оригинальность и, в некоторых случаях, снижает общее количество ответов. При работе с маленькими детьми в детском саду или начальной школе психологу потребуются один-два ассистента для проведения тестирования.

23. Специальные инструкции к субтестам.

В начале работы с каждым субтестом психолог просит обследуемых открыть соответствующую страницу Тестовой тетради и вслед за ним читать про себя инструкцию (если дети умеют читать).

СУБТЕСТ №1 «Создание рисунка».

«Возьми цветную фигуру. Придумай любое изображение, частью которого могла бы стать эта фигура. Ты можешь нарисовать любой предмет или целый рассказ.

ВКР УдГУ

Приклей эту фигуру на листе в любом месте — там, где тебе больше нравится. А затем дорисуй ее карандашами или фломастерами так, чтобы получилась задуманная тобой картинка. Рисовать можно и внутри, и за пределами наклеенной фигуры.

Постарайся придумать такую картинку, которую никто другой придумать не сможет. Дополни ее разными деталями так, чтобы по лучилась как можно более интересная и увлекательная история.

Когда ты закончишь свой рисунок, придумай к нему название и запиши его внизу страницы. Постарайся, чтобы название было интересным, необычным и помогало понять то, что ты нарисовал.

На выполнение задания отводится 10 минут. Старайся работать быстро, но без лишней спешки. Если у тебя возникли вопросы, задай их сейчас.

Начинай работать над рисунком. Сделай его непохожим на другие, пусть он расскажет увлекательную и необычную историю.»

Перед каждым обследуемым выкладываются три овальные фигуры разного цвета (см. стимульный материал), и он для создания своего рисунка должен выбрать из них ту, которая ему больше нравится.

В процессе выполнения задания по истечении девяти минут психологу следует поторопить тех обследуемых, которые еще не записали название своего рисунка внизу страницы. Если ребенок не умеет писать, психолог записывает название сам со слов ребенка. После окончания времени работы с субтестом обследуемых просят пере вернуть страницу и найти инструкцию к следующему заданию.

СУБТЕСТ №2 «Незаконченные фигуры».

«На этих двух страницах нарисованы незаконченные фигуры. 124 Если ты добавишь к ним дополнительные линии, у тебя могут по лучиться интересные предметы или истории.

Старайся нарисовать такие картинки, которые бы не смог при думать никто, кроме тебя. Делай каждую картинку подробной и интересном, добавляя к ней разные детали.

ВКР УлГУ

Придумай интересное название для каждого рисунка и напиши его снизу.

На выполнение задания отводится 10 минут. Старайся работать быстро, но без лишней спешки.. Если у тебя появились вопросы, задай их сейчас.

Начинай работать над рисунками.»

Если во время выполнения субтест психолог замечает, что некоторые обследуемые начинают волноваться, так как не успевают вы полнить все задания, необходимо сказан, следующее*.

«Я заметил (а), что вы все работаете по-разному. Некоторые быстро рисуют все картинки, а затем возвращаются к ним и добавляют некоторые детали. Другие успевают нарисовать лишь несколько изображений, но превращают их в сложные рассказы. Продолжайте работать так, как вам больше нравиться и как вам удобнее.»

После окончания времени работы с субтестом обследуемых просят перевернуть страницу и перейти к инструкции для следующего задания.

СУБТЕСТ №3 «Повторяющиеся линии».

«На этих трех страницах изображены пары прямых линий. Нарисуй как можно больше предметов или историй, используя эти линии.

Прямые линии должны стать основной частью того, что ты хочешь нарисовать. К каждой паре линий с помощью карандашей или фломастеров добавь другие линии так, чтобы получились за конченные изображения. Можно рисовать между линиями, над линиями — везде, где ты захочешь.

Старайся придумать такие рисунки, которые бы не смог при думать никто, кроме тебя. Нарисуй как можно больше различных картинок, вырази все идеи, которые у тебя появятся.

Придумай интересное название для каждого рисунка и напиши его снизу.

На выполнение задания отводится 10 минут.

Старайся работать быстро, но без лишней спешки. Если у тебя возникли вопросы, задай их сейчас. Начинай работать над рисунками.»

ВКР УдГУ

В процессе тестирования обследуемым необходимо напомнить, что задания занимают три страницы. Если потребуется, можно повторить инструкцию о возможности разных стилей работы (см. Субтест №2).

По истечении десяти минут психолог объявляет окончание работы, хвалит обследуемых за проявленные творческие способности и собирает Тестовые тетради. Необходимо быстро проверить, все ли рисунки подписаны. Если обследуемый не успел написать названия ко всем рисункам, их обязательно надо уточнить. В противном случае могут возникнуть проблемы на этапе обработки результатов.

3.3. Обработка результатов.

3.3.1. Предварительные замечания.

В данном руководстве описывается ускоренная обработка результатов образных субтестов, предложенная Торренса Е.ом в 1984 году. Предыдущая система обработки занимала слишком много времени. Кроме этого, она недостаточно улавливала суть творческих способностей. Поэтому Торренса Е.ом была предпринята попытка создать новую систему обработки для образных субтестов, которая бы обеспечила максимум информации о творческой деятельности обследуемого при минимуме усилий, затрачиваемых на подсчет результатов.

Ускоренная обработка результатов предполагает оценку пяти показателей: «Беглость», «Оригинальность», «Разработанность», «Абстрактность названий» и «Сопротивление замыканию».

Содержание показателей «Беглость», «Оригинальность», «Разработанность», которые оценивались и в первоначальном варианте об работки, не изменилось. Беглость так же, как и раньше, раскрывает «способность человека создавать большое количество осмысленных идей (рисунков)». Оригинальность — «способность давать необычные, уникальные ответы, требующие «творческой силы». Разработанность — «способность детально разрабатывать возникшие идеи».

ВКР УлГУ

В новом варианте обработки подсчет параметра «Оригинальность» несколько упрощен. Вместо трехбалльной Торренса Е. ввел двухбалльную шкалу оценки: 0 баллов — банальные, часто встречающиеся ответы, 1 балл — все остальные ответы.

Показатели «Абстрактность названий» и «Сопротивление замыканию» являются новыми, они были введены Торренса Е.ом в 1983 году. Новые показатели отражают еще две креативные способности, которые не были учтены в предыдущем варианте обработки теста. Введение показателя «Абстрактность названий» было основано на идее о том, что творческий подход предполагает понимание сути проблемы, того, что действительно существенно. В тесте об этом можно судить по уровню абстрактности названий к выполненным рисункам. Кроме этого, процесс называния отражает способность к трансформации образной информации в словесную форму.

Показатель «Сопротивление замыканию» отражает способность не следовать стереотипам и длительное время «оставаться открытым» для разнообразной поступающей информации при решении проблем. В тесте об этом можно судить по способности сопротивляться образованию привычных образных гештальтов. Новые показатели оцениваются не во всех образных субтестах. Перейдем к описанию принципов оценки отдельных показателей образной креативности.

3.3.2. Беглость.

Показатель «Беглость» отражает «способность человека создавать большое количество осмысленных идей (рисунков)» (Дж. Гилфорд).

Показатель «беглость» оценивается в Субтесте №2 «Незаконченные фигуры» и Субтесте №3 «Повторяющиеся линии» в соответствии со следующими правилами:

1. Для оценки Беглости необходимо подсчитать общее количество ответов (идей в форме рисунков), данных обследуемым. В Субтесте 2 — это количество рисунков, получившихся в результате завершения предложенных

ВКР УлГУ

незаконченных фигур. В Субтесте №3 — это количество рисунков, в основу которых были положены предложенные стимулы — пары параллельных линий.

2. При подсчете Беглости учитываются только адекватные ответы. 127 Если какой-либо рисунок из-за своей неадекватности не получает оценку по параметру «Беглость», он вообще исключается из всех дальнейших подсчетов.

Неадекватными признаются следующие ответы:

а. Рисунки, при создании которых предложенный стимул (незаконченная фигура или пара параллельных линий) не был использован (рис. 1а, 16)



Рис. 1а



Рис. 1б

б. Рисунки, представляющие собой бессмысленные абстракции, имеющие бессмысленное название или не имеющие названия вообще (рис. 2а, 26), (Однако, прежде чем отнести рисунок к бессмыслен ной абстракции, важно подробно расспросить обследуемого о том, что он нарисовал. Часто при этом обнаруживается совершенно определенный смысл рисунка.)



Рис. 2а



Рис. 2б

ВКРУДГУ

в. Осмысленные, но повторяющиеся несколько раз рисунки считаются за один ответ (рис. 3).

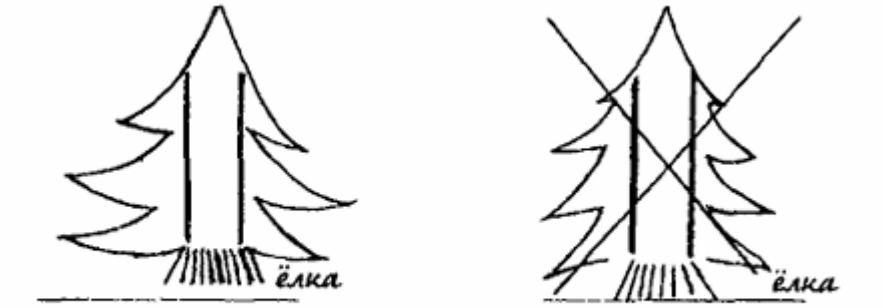


Рис. 3

3. Если две (или более) незаконченные фигуры 8 Субтесте №2 использованы обследуемым при создании одной картинки (объединены в одну картинку), то за Беглость начисляется количество баллов, соответствующее числу использованных незаконченных фигур, так как это необычный ответ.

4. Если две (или более) пары параллельных линий 8 Субтесте №3 использованы обследуемым при создании одной картинки (объединены в одну картинку), то за Беглость начисляется только один балл, так как выражена одна идея.

Объединение нескольких пар линий, а также нескольких незаконченных фигур может быть осуществлено путем создания на их основе одного рисунка, а также нескольких рисунков, объединенных последовательностью развития единого сюжета или с помощью названия (см. п. 3.3.3).

3.3.3. Оригинальность.

Показатель «Оригинальность» отражает «способность давать не обычные, уникальные ответы, требующие «творческой силы» (Дж, Гилфорд).

Оригинальность оценивается только в тех ответах, которые при подсчете показателя «Беглость» были признаны адекватными.

Показатель «Оригинальность» подсчитывается во всех образных субтестах в соответствии со следующими правилами:

ВКР УлГУ

1. Оценка за Оригинальность основывается на статистической редкости ответа. Обычные, часто встречающиеся ответы оцениваются в О баллов. (Списки таких ответов для каждого субтеста, полученные на американской и российской выборках, приводятся в конце данного раздела.) Все остальные ответы оцениваются в 1 балл.

2. При сравнении ответов обследуемого с приведенными списка- ми банальных, часто встречающихся ответов внимание акцентируется на том, как использован стимул (незаконченная фигура или пара параллельных линий), а не на названии. Торренса Е. иллюстрирует это положение следующим примером. Если в списке неоригинальных ответов приводится ответ «лицо человека» и соответствующая незаконченная фигура превращается у обследуемого в лицо, то данный рисунок получает за Оригинальность оценку 0 баллов. Однако, если эта же незаконченная фигура превращается у обследуемого в губы или усы, которые затем становятся частью лица, то ответ оценивается положительно в 1 балл. При этом названия рисунков и в том, и в другом случаях могут быть одинаковыми.

Аналогично, если первая незаконченная фигура превращается у обследуемого в птицу — часто встречающийся ответ (см. список), — то рисунок получает оценку 0 баллов (рис. 4а). Но если этот же стимул станет какой-то частью головы птицы, то оценка за Оригинальность будет 1 балл (рис. 46). При этом названия рисунков могут быть одинаковыми.



Рис. 4а



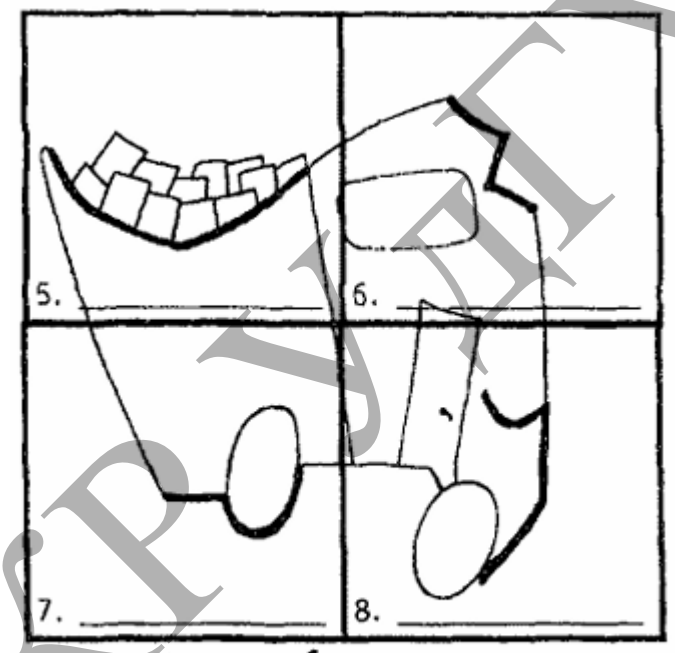
Рис. 4б

ВКР УлГУ

3. Оценка за Оригинальность в каждом субтеста равна количеству ответов, получивших 1 балл. Общая оценка за Оригинальность получается в результате сложения оценок по всем невербальным субтестам.

4. За Оригинальность предусматривается начисление поощрительных баллов (бонуса), если при создании рисунка объединяются несколько исходных стимульных фигур. Рассматриваются три способа объединения:

а) ЕДИНЫЙ РИСУНОК: при создании одного рисунка используются сразу несколько стимульных фигур (несколько незавершенных фигур или несколько пар линий) (Рис. 5).

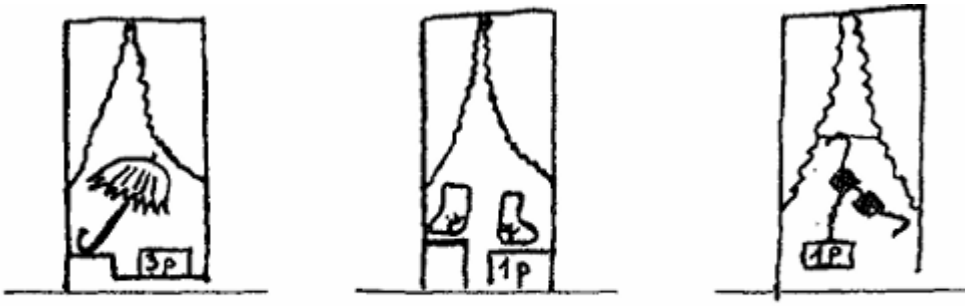


Машина, везущая кирпичи

Рис. 5

б) ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ СЮЖЕТ: на основе двух или нескольких стимульных фигур (незаконченных фигур или пар параллельных линий) нарисовано несколько картинок, последовательно развивающих единый сюжет (Рис. 6а, б, в).

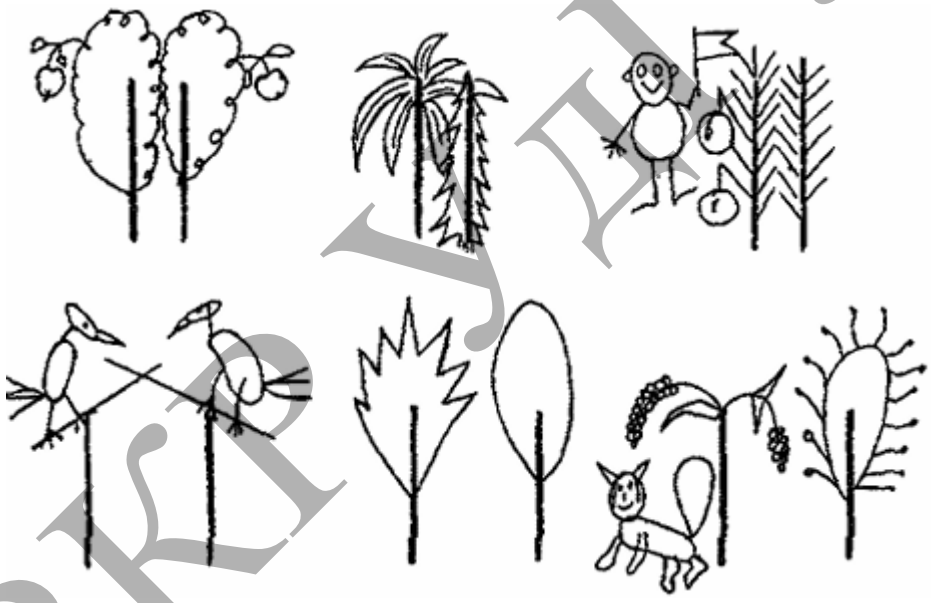
ВКРУЛТУ



Времена года в витрине магазина

Рис. 6а

в) ОБЩЕЕ НАЗВАНИЕ: на основе двух или нескольких стимульных фигур (незаконченных фигур или пар параллельных линий) нарисовано несколько картинок, объединенных общим названием (Рис. 7а, б, в).



5. Количество поощрительных баллов (бонус) зависит от количества объединенных стимулов, (незаконченных фигур или пар параллельных линий) (Таблицы №№5 и 6, стр. 135).

6. Поощрительные баллы начисляются за Оригинальность, даже если отдельные рисунки, входящие в комбинированный сюжет, не являются оригинальными (Рис. 8)

ВКР УлГУ

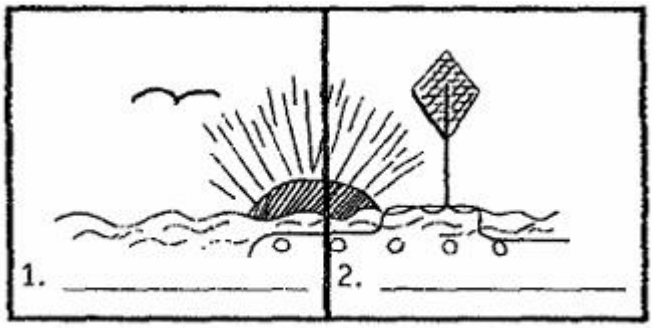


Рис. 8

Российская выборка. Возрастной диапазон 5-16 лет. Список ответов на 0 баллов.

СУБТЕСТ №1 «Создание рисунка».

Имеется в виду только тот предмет, который был нарисован на основе цветной приклеенной фигуры, а не сюжет в целом.

Звери (целиком)
Лицо или фигура человека
Морда животного
Озеро
Рыба
Солнце
Туча (облако)
Цветок
Яйцо

ВКР УлГУ

СУБТЕСТ №2 «Незаконченные фигуры».

Фигура №1:
Цифра (цифры)
Буква (буквы)
Лицо человека
Очки
Птица (любая)
Сердце
Яблоко

Фигура №2:
Буква (буквы)
Дерево или его детали
Лицо или фигура человека
Метелка
Рогатка
Цветок
Цифра (цифры)

Фигура №3:
Цифра (цифры)
Буква (буквы)
Звуковые волны (радиоволны)
Колесо (колеса)
Лицо человека
Месяц (луна)
Парусный корабль, лодка
Фрукты, ягоды

Фигура №4:
Буква (буквы)
Волны
Змея
Знак вопроса
Лицо или фигура человека
Птица
Улитка (червяк, гусеница)
Хвост животного, хобот слона
Цифра (цифры)

Фигура №5:
Буква (буквы)
Губы
Зонт
Корабль, лодка
Лицо человека
Мяч (шар)
Посуда
Цифра (цифры)

Фигура №6:
Ваза
Молния, гроза
Ступени, лестница
Буква (буквы)
Цифра (цифры)

Фигура №7:
Буква (буквы)
Ключ
Машина
Молот
Очки
Серп
Совок (ковш)
Цифра (цифры)

Фигура №8:
Буква (буквы)
Девочка, женщина
Лицо или фигура человека
Платье
Ракета
Цветок
Цифра (цифры)

Фигура №9:
Буква (буквы)
Волны
Горы, холмы
Губы
Уши животных
Цифра (цифры)

Фигура №10:
Буква (буквы)
Елка, дерево, сучья
Клюв птицы
Лиса
Лицо человека
Мордочка животного
Цифра (цифры)

ВКР УлГУ

СУБТЕСТ №3 «Повторяющиеся линии».

Буквы	Книга (тетрадь)
Бытовая техника	Коробка
Гриб	Лицо или фигура человека
Дверь	Мебель
Дерево	Окно
Дом	Посуда
Забор	Ракета
Карандаш	Цифры

3.3.4. Разработанность.

Показатель «Разработанность» отражает «способность детально разрабатывать придуманные идеи» (Дж. Гилфорд).

Разработанность оценивается только в тех ответах, которые при подсчете параметра «беглость» были признаны адекватными.

Разработанность рисунков оценивается во всех образных субтестах.

При подсчете данного параметра необходимо руководствоваться следующими правилами.

1. Один балл начисляется за каждую существенную деталь рисун ка, дополняющую исходную стимульную фигуру (Рис. 9). При этом детали, относящиеся к одному и тому же классу, оценивают только один раз. Например, у цветка будет нарисовано много лепестков, но рисунок получит только один балл за деталь «лепесток» (Рис. 9).

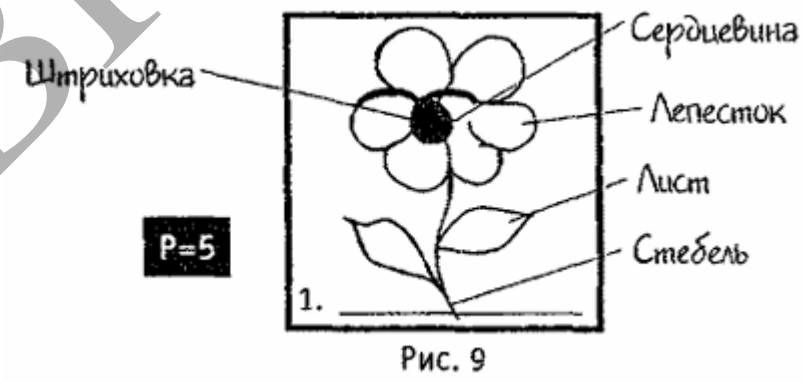


Рис. 9

На платье может быть нарисовано много пуговиц, но рисунок получит один балл за деталь «пуговица». У человека или животного может быть нарисовано два уха, но рисунок получит один балл за деталь

ВКР УдГУ

«ухо» и т. п.

2. Если рисунок содержит несколько одинаковых предметов, то подробно оценивается Разработанность одного из них, и еще один балл дается за идею нарисовать другие такие же предметы. Например, в саду может быть нарисовано несколько одинаковых цветков, в лесу — несколько одинаковых деревьев, в небе — несколько одинаковых облаков или птиц. В данном случае, по одному баллу дается за каждую существенную деталь одного из цветков, деревьев, облаков или одной из птиц и один балл — за идею нарисовать другие такие же цветы, деревья, облака, других таких же птиц (Рис. 10а, б).

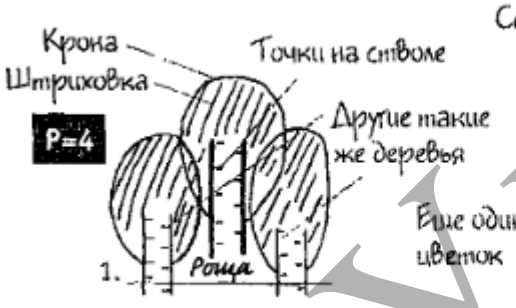


Рис. 10а

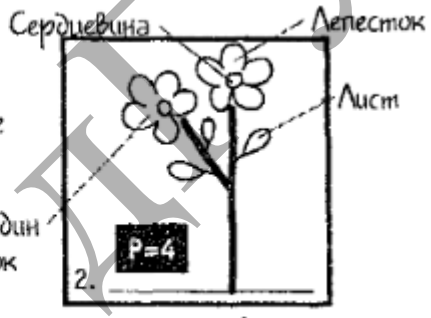


Рис. 10б

3. Если рисунок содержит несколько предметов, похожих и относящихся к одному классу, но (в отличие от предыдущего пункта) обладающих уникальными отличительными характеристиками, то необходимо подробно оценить Разработанность одного из них, а также дать по одному баллу за каждую отличительную особенность остальных предметов этого класса. При этом за саму идею нарисовать не сколько похожих предметов балл не начисляется.

Например, в саду может быть нарисовано несколько тюльпанов, отличающихся по цвету. В данном случае подробно оцениваются все детали одного из тюльпанов, а также начисляется по одному баллу за каждый новый цвет.

Если обследуемый нарисует несколько облаков разной формы, то следует подсчитать все существенные детали одного из облаков, и прибавить по одному баллу за каждую новую форму (Рис. 11).

ВКР УлГУ



Рис. 11

Еще один интересный пример приведен на Рис. 12. В данном случае в изображении второго сердечка отмечены 3 отличительные особенности: по одному баллу начислено за каждую из трех деталей, свидетельствующих о принадлежности второго сердечка к женскому полу — бантик, большие глазки и женский ротик.

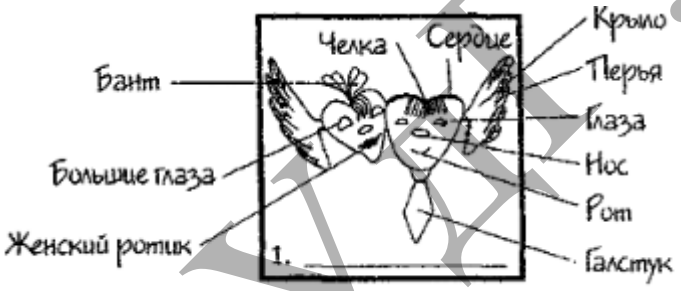


Рис. 12

Кроме того, хорошей иллюстрацией к данному правилу является рисунок Субтеста №1, приведенный в Цветном приложении к Руководству.

4. Один балл дается за специальное закрашивание или штриховку какого-то предмета или части изображения (Рис. 10а, 11), а также заштриховку (тень), если она несет смысловую нагрузку, т. е. отражает объем или время суток.

5. Один балл дается за цвет, если он дополняет основную идею ответа.

Интересный пример для иллюстрации этого правила содержится в рисунке Субтеста №1, приведенном в Цветном приложении к Руководству. На этом рисунке пушок на голове у утенка, который уже почти вылупился (освободился от верхней части яйца), закрашен оранжевым цветом. В данном случае оранжевый цвет подчеркивает возраст утенка: он еще очень маленький, он только что вылупился, поэтому у него на голове еще только оранжевый пушок по сравнению с черными волосками более старшего

ВКР ЛГПУ

утенка. Поэтому оранжевый цвет данной детали (пушок на голове утенка) оценивается одним баллом.

6. Один балл начисляется за каждую вариацию изображения, если она несет в себе определенный смысл и дополняет основную идею ответа. Например, обследуемый может нарисовать предметы последовательно уменьшающимися или увеличивающимися в размерах, может просто нарисовать предмет большим или маленьким для того, чтобы передавать идею пространства. За эти идеи, переданные на рисунке через изменение (вариацию) размеров изображенных предметов, при оценке Разработанности следует начислить один балл (Рис. 13).

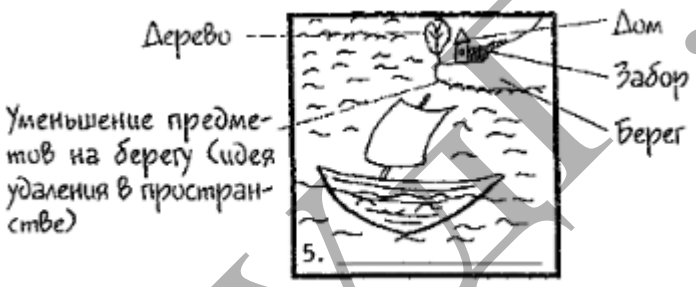


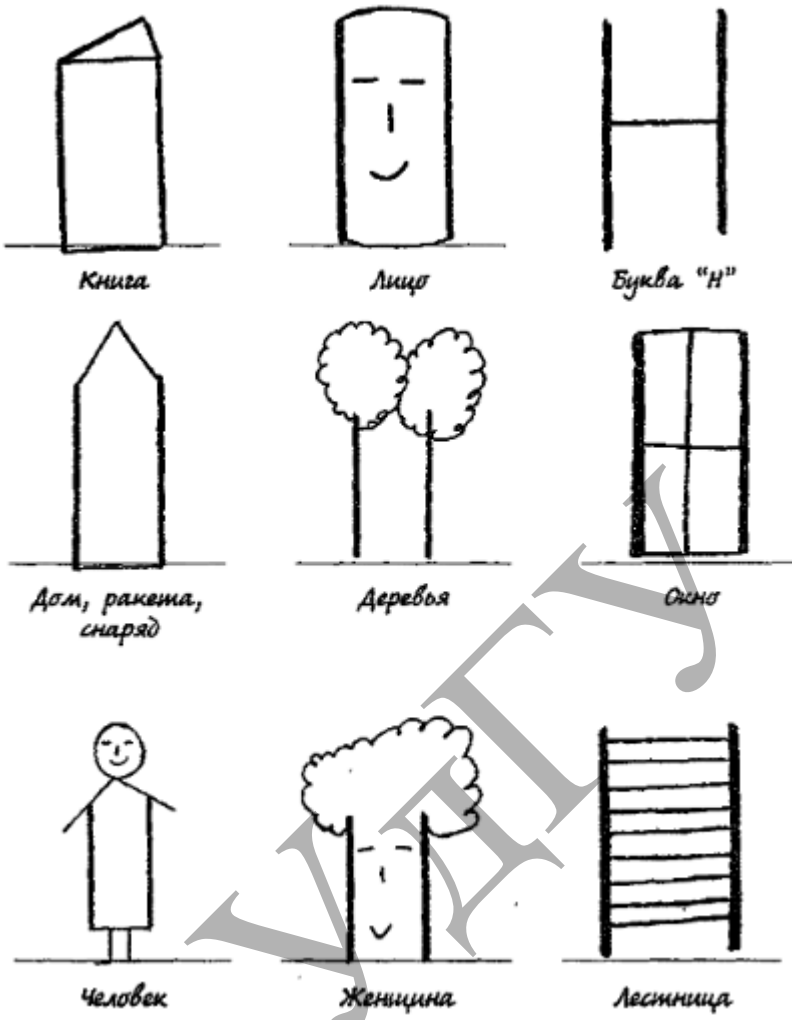
Рис. 13

7 . Если изображенная на рисунке разделяющая линия имеет специальное значение (например, пояс, шарф, оконная рама), то за нее также дается один балл.

8. Один балл начисляется за каждую подробность в названии рисунка, превосходящую уровень простого названия (ярлыка), относящего нарисованный предмет к какому-то классу. Например, в названии «Пропавший ключ» при оценке Разработанности рисунка одним баллом будет оценена подробность «пропавший». А в названии «Только что родившиеся цыплята, но уже покинутые своими родителями» по одному баллу будет дано за две подробности: «только что родившиеся» и «покинутые своими родителями» (см. Цветное приложение).

9. Очень примитивные изображения с минимальной Разработанностью оцениваются в ноль баллов. В качестве примеров таких изображений Торренса Е. приводил следующие рисунки:

ВКР УлГУ



10. Баллы за Разработанность, полученные обследуемым в каждом из образных субтестов, переводятся в обобщенные сырые баллы в соответствии со следующей таблицей.

№ субтеста	Обобщенные баллы					
	1	2	3	4	5	6
1.	0-5	6-12	13-19	20-26	27-33	>34
2.	0-8	9-17	18-28	29-39	40-50	>51
3.	0-7	8-16	17-27	28-37	38-47	>48

Это снижает вероятность ошибки и влияние субъективного фактора при подсчете параметра «Разработанность».

3 .3 .5 . Абстрактность названий.

Показатель «Абстрактность названий» отражает «способность выделять главное, способность понимать суть проблемы» (Торренса Е.).

ВКР УлГУ

Эти способности связаны с мыслительными процессами синтеза и обобщения. В тесте они проявляются через уровень абстрактности названий, придуманных обследуемым к своим рисункам. Хорошее название помогает воспринимать рисунок глубже и богаче.

Показатель «Абстрактность названий» оценивается только в тех ответах, которые при подсчете параметра «Беглость» были признаны адекватными.

Абстрактность названий подсчитывается в Субтесте №1 «Создание рисунка» и Субтесте №2 «Незавершенные фигуры».

Названия к рисункам оцениваются по шкале от 0 до 3 баллов в соответствии со следующими критериями:

0 баллов

Очевидные названия, простые заголовки (наименования), констатирующие класс, к которому принадлежит нарисованный объект. Эти названия состоят из одного слова.

Например: «Человек», «Сад», «Слон», «Горы», «Булочка» и т. п.

1 балл

Простые описательные названия. Эти названия описывают конкретные свойства нарисованных объектов. Как правило, они выражают на вербальном уровне то, что мы видим на рисунке.

Например: «Девочка с большим бантом», «Злая собака», «Грустный мальчик», «Влюбленная пара», «Карандаш на бумаге», «Шторы с карнизом», «Человек с большим носом» и т. п.

Названия, которые описывают то, что человек, животное или предмет делают на рисунке.

Например: «Работающий человек», «Мальчик болеет», «Летящий змей», «Отдыхающий кот» и т. п.

ВКР УлГУ

Названия, из которых легко выводится наименование класса, к которому названный объект принадлежит,

Например: «Колли (собака)»,«Альпы (горы)»,«Венера (планета)» и т. п.

2 балла

Образные описательные названия. Такие названия носят несколько необычный, поэтический, образный характер. Они также отражают то, что изображено на рисунке.

Например: «Длиннорукий дядюшка на севере», «Последняя мода с Марса», «Собака по имени Кинг», «Во поле береза стояла», «Тополь на Плющихе» и т. п.

Названия, описывающие чувства или мысли изображенных людей или предметов.

Например: «Давай поиграем», «Ты неправ», «Кто сказал, что я выгляжу нелепо?», «Ну разве я не прелесть?», «Возьмемся за руки друзья — чтоб не пропасть поодиночке» и т. п.

3 балла

Абстрактные, часто философские (но адекватные) названия. Эти названия выражают суть рисунка, его глубинный внутренний смысл, выходящий за пределы изображения.

Например: «Время твоей жизни», «Нечаянная встреча», «Лишний», «Все течет, все изменяется» и т. п.

3 .3 . б. Сопротивление замыканию.

Показатель «Сопротивление замыканию» отражает «способность длительное время оставаться открытым новизне и разнообразию идей, достаточно долго откладывая принятие окончательного решения для того, чтобы совершить мыслительный скачок и создать оригинальные идеи» (Торренса Е.).

Менее творческие люди имеют тенденцию преждевременно переходить к заключениям без учета всей доступной информации. Выполняя задания Субтеста №2 «Незаконченные фигуры», такие люди завершают фигуры

ВКР УлГУ

немедленно — прямыми или ломаными линиями, исключая возможность для создания более сильных, оригинальных рисунков.

Показатель «Сопротивление замыканию» подсчитывается только в Субтесте N-2 «Незаконченные фигуры».

Рисунки обследуемого оцениваются по шкале от 0 до 2 баллов в соответствии со следующими критериями:

0 баллов

Фигура замыкается самым быстрым и простым способом: с помощью прямой или простой кривой линии, сплошной штриховки или раскрашивания (Рис. 14а, б, в). Буквы алфавита или цифры оцениваются также в 0 баллов.



Рис. 14а

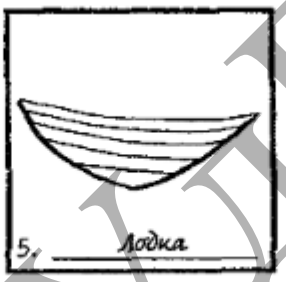


Рис. 14б

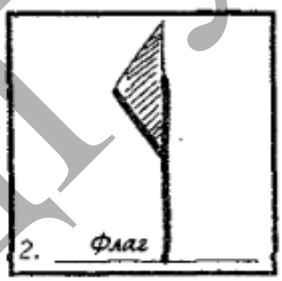


Рис. 14в

Решение превосходит простое замыкание фигуры. Обследуемый быстро и просто замыкает фигуру, но потом дополняет ее деталями снаружи (Рис. 15а, б). Если детали добавляются только внутри замкнутой фигуры, то ответ оценивается в 0 баллов.



Рис. 15а



Рис. 15б

Стимульная фигура не замыкается вообще (Рис. 16а-е).

ВКР УлГУ

2 балла

Стимульная фигура не замыкается вообще (Рис. 16а–е).

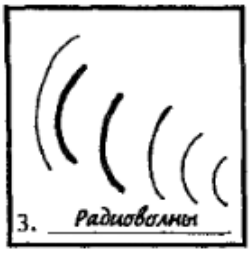


Рис. 16а



Рис. 16б



Рис. 16в



Рис. 16г



Рис. 16д



Рис. 16е

Стимульная фигура замыкается с помощью линий сложной конфигурации (Рис. 17).



Рис. 17

Стимульная фигура становится открытой частью закрытой фигуры (Рис. 18). Буквы и цифры оцениваются в 0 баллов.



Рис. 18

Следует отметить, что более достоверная оценка показателя «Сопротивление замыканию» получается в том случае, если обследуемый успевает завершить все фигуры. Этот факт необходимо учитывать при интерпретации результатов тестирования.

ВКР УлГУ